

Dagvattenhantering i ett föränderligt klimat

– Metod, teori och tillämpning

Stormwater management in a changing climate

- Method, theory and application

Angelica Ivarsson, Felicia Wendel



Dagvattenhantering i ett föränderligt klimat

- **Metod, teori och tillämpning**

Stormwater management in a changing climate

- **Method, theory and application**

Angelica Ivarsson, Felicia Wendel

Handledare:

Anders Kristoffersson, SLU, Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Examinator:

Eva-Lou Gustafsson, SLU, Institutionen för Landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: G2E

Kurstitel: Examensarbete i landskapsarkitektur för landskapsingenjörer

Kurskod: EX0793

Program: Landskapsingenjörsprogrammet

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsår: 2017

Omslagsbild: Illustration av Embalse de santomera i en potentiell framtid. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: hållbar dagvattenhantering, urban miljö, blå-grön infrastruktur, klimatanpassning, urbanisering

SLU, Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för landskapsarkitektur, trädgårds- och växtproduktionsvetenskap

Institutionen för landskapsarkitektur, planering och förvaltning

Förord

Vi vill rikta ett stort tack till Anders Kristoffersson som handlett oss genom arbetets gång. Med ett över förväntan stort engagemang, stöttning och inspirerande diskussioner har du under hela perioden gett oss en trygghet som är oslagbar. Du är Fantastisk!

Vi vill också tacka Mats Strandberg som behandlar vattenproblematik på Gryaab för inspiration till fältstudien i Murcia. Tack även till Kristina Hall på VA-Syd för visat intresse.

Sammanfattning

Uppvärmningen av klimatet leder till växlande perioder av torka och översvämningar (Kjellström, 2013). En global ökning på 2 grader skulle i Sverige innebära en ökning på 1-2 grader under sommaren och 2-5 grader under vintern, vilket motsvarar det dubbla (WWF, 2017). Många städer i Sverige består till stora delar av hårdgjorda ytor. Detta i kombination med tät bebyggelse skapar en mindre hållbar miljö mot de klimatförändringar som väntas (Boverket, 2010). Temperaturen inne i staden skiljer sig mot landsbygdens och den så kallade värmeö-effekten kan innebära en ökning på 1-3 °C (Sjöman & Slagstedt, 2015). Den ökade mängden nederbörd och stigande vattennivåer påverkar de konventionella systemen negativt (Svenskt vatten, 2016). Vilket utmanar hanteringen av dagvatten, som till en följd av de framtida utmaningarna kräver åtskillig planering (Boverket, 2010).

Genom inspiration från litteratur-, fall- och fältstudie presenteras förslag på omgestaltningar av urbana platser i Lund. Fältstudien har genomförts i Murcia, Spanien och fallstudien behandlar ett nuvarande projekt i Kina för att få fler synvinklar till de illustrationer som skapats. Förslagen visar på hur den befintliga miljön med hjälp av öppna dagvattensystem kan bli mer hållbara och hur dagvattenproblemen kan tacklas. De digitala och visuella förslag som visas upp jämförs för att visa på hur stor effekt de olika lösningarna ger.

Resultatet visar på att det finns goda möjligheter att skapa hållbara urbana miljöer. Genom omgestaltung kan dessa utifrån flertalet aspekter bli mer eller mindre hållbara. De förslag som presenteras i resultatdelen visar exempel på olika grad hållbarhet som kan uppnås vid tillförandet av grön infrastruktur i hårdgjorda ytor. Klimatförändringarnas konsekvenser som skyfall med dess höga avrinningskapacitet i städerna visar på att kunna reduceras avsevärt.

Figurlista

Figur 1: Temperaturskillnaden mellan landsbygden och urbana områden, som kan skiljas med hela 8%. Skillnaden beror på mängden vegetation och hårdgjorda ytor som absorberar värme, t.ex. tak och stenbeläggningar (Calkins, 2009).

Figur 2: Principer för dagvattenhantering. Från vänster visas, fördröjning nära källan, trög avledning samt samlad fördröjning.

Figur 3: Svackdiken bidrar framförallt med fördröjning. Figuren visar alla de värden som fås ut av svackdiken.

Figur 4: Genomsläpplig beläggning bidrar framförallt med infiltration. Figuren visar alla de värden som fås ut av genomsläpplig beläggning.

Figur 5: Dammar bidrar med rening. Figuren visar alla de värden som fås ut av dammar.

Figur 6: Gröna tak bidrar med absorption och avdunstning. Figuren visar alla de värden som fås ut av gröna tak.

Figur 7: Vegetation minskar risken för erosion. Figuren visar alla de värden som fås ut av vegetation.

Figur 8: Biofilter bidrar med estetik och välbefinnande. Figuren visar alla de värden som fås ut av biofilter.

Figur 9: Karta över Spanien, som visar Murcias läge.

Figur 10: Grönområde i Murcia.

Figur 11: Växtbädd i Parque Isaac Peral, Murcia.

Figur 12: Upphöjd växtbädd längs med trottoaren i Murcia.

Figur 13: Upphöjd växtbädd längs med trottoaren i Murcia.

Figur 14: Generösa grönytor i centrala Murcia.

Figur 15: Damm med funktion som översvämningszon.

Figur 16: Trampstenar som leder över dammen.

Figur 17: Grönt tak i centrala Murcia.

Figur 18: Träd planterat i nedsänkt växtbädd.

Figur 19: Träd längs med trottoaren.

Figur 20: Trädgrop som täcks med permeabel asfalt.

Figur 21: Nedsänkta växtbäddar.

Figur 22: Segurafloden som sträcker genom Murcia.

Figur 23: Embalse de santomera är en av Murcias många anlagda dammar.

Figur 24: Sanlihe Greenway.

Figur 25: Karta över Kina, Hebei.

Figur 26: Yanweizhou Park.

Figur 27: Karta över Kina, Jinhua City, Zheijang provinsen.

Figur 28: Qunli Stormwater Park.

Figur 29: Karta över Kina, Qunli New District, Haerbin City, Heilongjiand provinsen.

Figur 30: Dagvattenupptagande träkonstruktion.

Figur 31: Grönt tak.

Figur 32: Genomsläpplig beläggning.

Figur 33: Parkeringsplats med vegetation.

Figur 34: Biofilter med varierande beläggning.

Figur 35: Tabell med sammanfattning av fall- och fältstudier.

Figur 36: Karta över Lunds avrinningsområden.

Figur 37: Mårtenstorget i Lund.

Figur 38: Östra esplanaden på Mårtenstorget i Lund.

Figur 39: Inspiration tagen från Murcia. Vegetation runt träd.

Figur 40: Grönområde i centrala Murcia.

Figur 41: Biofilter täckt med galler. Tillåter gång- och biltrafik att passera.

Figur 42: Träd omringat av biofilter och bänkar.

Figur 43: Grönt tak ovanför cykelparkeringar.

Figur 44: Sektionsritning av grönt tak.

Figur 45: Sektionsskiss av biofilter.

Figur 46: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.

Figur 47: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.

Figur 48: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.

Figur 49: Planritning för Mårtenstorget. Illustration av Felicia Wendel, 2017.

Figur 50: Plan visar potentiella översvåmningszoner och flödesriktningar.

Figur 51: Plan visar korsning av människans rörelsemönster.

Figur 52: Biofilter med sittmöjlighet och cykelparkering.

Figur 53: Befintlig esplanad, rekonditioneras.

Figur 54: Upphöjd växtbädd längs med trottoaren i Murcia.

Figur 55: Växtbädd med stort utrymme.

Figur 56: Teknisk beskrivning av biofilter.

Figur 57: Grönt tak med sittplatser undertill. I sektion.

Figur 58: Teknisk beskrivning av grönt tak.

Figur 59: Grönt tak med sittplatser undertill.

Figur 60: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.

Figur 61: Perspektiv på multifunktionell yta i väst.

Figur 62: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.

Figur 63: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.

Figur 64: Planritning för Mårtenstorget. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

Figur 65: Design-koncept för Mårtenstorget. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

Figur 66: Design-koncept för Mårtenstorget. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

Figur 67: Planritning för Bytaregatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 68: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.

Figur 69: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.

Figur 70: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.

Figur 71: Planritning för Bytaregatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 72: Planritning för Bredgatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 73: Teknisk beskrivning av avrinningsstråk i form av nedsänkt växtbädd. Med tillgängligt utrymme för överflödigt vatten.

Figur 74: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.

Figur 75: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.

Figur 76: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.

Figur 77: Planritning för Bredgatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 78: Planritning för Östra Mårtensgatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 79: Teknisk beskrivning av avrinningsstråk i form av nedsänkt växtbädd. Med tillgängligt utrymme för överflödigt vatten.

Figur 80: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.

Figur 81: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.

Figur 82: Översiktlig graf för återkomstid och nederbördsupptag per tillfälle.

Figur 83: Planritning för Östra Mårtensgatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 84: Tabell över helhetsbedömning av utformningarnas värden.

Begrepp

Avrinningskapacitet	”Hur mycket vatten som rinner av en yta i l/s.” (Sjöbergh, 2015)
Avrinningsområde	”Ett avrinningsområde är det område från vilket vatten från regn och snö avrinner till en specifik havsbassäng, sjö eller vattendrag.” (Länsstyrelsen, u.å.)
Avrinningsstråk	”Stråk inom ett bebyggt område där vatten tillåts rinna på ytan i samband med regn eller snösmältning.” (Svenskt vatten, 2011 ss. 107)
Dämningsnivå	Den högsta nivå som avloppsvattnet kan nå i en ledning utan att översvämning orsakas (ABVA, u.å.).
Exploatering	”Exploatering av mark innefattar bland annat uppförande av byggnad.” (Norén, 2017)
Förbindelsepunkt	”Punkt där fastighetens servisledning kopplas till allmän VA-anläggning.” (Svenskt vatten, 2016 ss. 112)
Grundvatten	”Nederbörd som inte avdunstar eller tas upp av växter, sipprar ner och fyller ut markens tomrum och berggrundens sprickor.” (SMHI, 2016)
Grön-blåa lösningar	Samverkan mellan grön- och blå struktur, där grön står för vegetation och blå för vatten (Sweden Water Research, u.å.).
Servisledning	”Servisledningar är de ledningar som förenar fastigheten med huvudledningarna i gatan.” (NE, 2017b)
Perkolation	”Långsam rörelse (hos vatten) genom marklager av poröst material under markytan.” (Svenskt vatten, 2011 ss. 108)
Konventionella dagvattenlösningar	Syftar på traditionella lösningar (NE, 2017a).
Lågstråk	”Stråk inom ett bebyggt område dit vatten kommer att söka sig vid avrinning ytledes.” (Svenskt vatten, 2011 ss. 107)
Vattenbalans	”Med vattenbalans i ett avrinningsområde menas att nederbörden över området antingen lagras tillfälligt, avdunstar eller rinner av.” (Länsstyrelsen, 2017)
Återkomsttid	”Återkomsttid är ett mått på hur ofta förekomsten av extrema naturliga händelser kan förväntas. Med en händelses återkomsttid menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under denna tid.” (SMHI, 2017c)
Biofilter	Regnbädd (Fridell, 2017).

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte/mål	1
1.3 Avgränsning	2
1.4 Metod	2
2 Klimatförändringarnas påverkan på urban miljö	5
2.1 Klimatförändringarna i Sverige	5
2.2 Klimatet i staden	5
2.2.1 Temperaturskillnadernas påverkan i staden	6
2.2.2 Översvämningar som ett resultat av extrem nederbörd	7
2.3 Klimatförändringar ur ett dagvattenperspektiv	7
3 Hållbara dagvattenlösningar	9
3.1 Vad är dagvatten	9
3.2 Hantering av dagvatten i urban miljö	9
3.2.1 En komplicerad ansvarsfördelning försvårar dagvattenhanteringen	10
3.3 Hållbara dagvattensystem	11
3.3.1 Öppna dagvattensystem	12
3.4 Strategier	14
3.4.1 Fördröjning	14
3.4.2 Infiltration	16
3.4.3 Rening	17
3.4.4 Absorbering & avdunstning	19
3.4.5 Erosion	20
3.4.6 Estetiska och sociala aspekter	21
4 Fält- och fallstudie	22
4.1 Fältstudie, Murcia, Spanien	22
4.1.1 Platsbesök	22
4.1.2 Sammanfattning	29
4.2 Fallstudie, Sponge Cities, Kina	30
4.2.1 Storskaliga exempel	31
4.2.2 Specifika exempel	32
4.2.3 Sammanfattning	35
4.3 Sammanfattning av fall- och fältstudier	35
5 Resultat	36
5.1 Lunds kommun	36
5.1.1 Avrinningsområde	36
5.1.2 Jordarter	36
5.1.3 Dagvattenstrategier	36
5.2 Presentation av resultat	37
5.3 Mårtenstorget Lund	38
5.3.1 Småskalig lösning Mårtenstorget	40
5.3.2 Storskalig lösning Mårtenstorget	44

5.4 Bytaregatan	53
5.5 Bredgatan	56
5.6 Östra Mårtensgatan.....	59
5.7 Helhetsbedömning	62
6 Diskussion.....	63
6.1 Värdering av resultat.....	65
6.1.2 Vidareutveckling av studien.....	66
Källförteckning	67

Appendix 1 Helhetsbedömning av samtliga föreslagna utformningar för Lund.

KAPITEL 1 INLEDNING



KAPITEL 1



1 Inledning

1.1 Bakgrund

I takt med att städernas utbredning ökar belastas avvattningsystemen allt mer, dessutom dimensioneras dessa sällan för den mängd vatten som når markytan (SMHI, 2017a). Förtätningen av städerna påverkas av befolkningsökningen och idag bor 85% av Sveriges befolkning i städer (SCB, 2008). På grund av urbaniseringen blir städerna allt mer hårdgjorda och vattnet får därmed svårt att tränga igenom de icke permeabla ytorna. Exploateringen av naturmark förändrar den naturliga nederbördens avrinningsförmåga, vilket påverkar förutom avrinningen också infiltrationen och upptaget av vattnet. Denna förändring ökar dagvattenvolymen som i sin tur leder till en rad problem som måste tas till hänsyn (Persson et al. 2009). Sverige kommer dessutom att ha en ökad mängd nederbörd som en följd av den globala uppvärmningen (SMHI, 2014). Vilket är en viktig aspekt att ta hänsyn till när vattenfrågorna diskuteras (SMHI, 2017d). Det krävs att stor vikt läggs på planeringen av urbana miljöer då den framtida nederbördens återkomsttid är oklar (SMHI, 2017c). Effekten av kraftiga skyfall innebär översvämningssproblem som redan idag drabbas tätorter där hårdgjorda ytor är dominerande. Vikten av en hållbar dagvattenhantering har därför kommit att bli stärkt. Med hjälp av grön infrastruktur såsom parker, gröna tak, trädgårdar eller andra lösningar kan dagvattnet regleras (SMHI, 2017a). Genom grön infrastruktur med huvudsak att dämpa nederbörden kan upp till 75% av nederbörden avdunstras från vegetationen (Larsson, 2013).

Ett annat utgörande problem är att dagvattnet hanteras av en rad olika aktörer och det är oklart vilka det är som påverkar och har ansvaret för hanteringen. För att leda bort vattnet krävs dessutom tillstånd (SMHI, 2017a). Otydligheten leder till skador och onödiga kostnader (Persson et al. 2009). I Lund utgörs exempelvis kommunalägd mark av 30%, vilket innebär att 70% av markytan är privatägd och ligger utanför kommunens ansvar (Kristoffersson, 2017). För att möta problematiken kring ansvarsfördelningen krävs en balanserad planering som en kompensation till de problem som vi idag står inför gällande exploaterings och klimatförändringarnas effekter på dagvattnet. Öppen dagvattenhantering blir allt mer vanligt och ska i regel efterlikna en naturlig hantering av vattnet. Den öppna hanteringen är att föredra vid en hållbar hantering av dagvattnen (Persson et al. 2009).

1.2 Syfte/mål

Detta arbetet syftar till att skapa en sammanfattning av metoder, teorier och tillämpningar som ska kunna ligga till grund för att skapa hållbara urbana miljöer.

Målet med detta arbete är att genom litteratur-, fall- och fältstudie, ge förslag på hållbara lösningar för ofta förekommande platser i urbana miljöer. Dessa ska presenteras i form av illustrerade omgestaltningar. Genom tillämpade metoder ska de nya utformningarna bättre anpassas till vårt föränderliga klimat.

Frågeställning:

Går det att skapa en hållbar urban miljö utifrån ett befintligt system ur ett dagvattenperspektiv?





1.3 Avgränsning

Litteraturstudien berör inte oexploaterade områden då dessa har en högre potential att byggas upp till en hållbar miljö. För att lösa den urbana problematiken gällande dagvattenhanteringens konsekvenser behandlas därför enbart områden där hårdgjorda ytor är dominerande. Arbetet består inte av lösningar för bostadsområden eller annan privatägd mark då dessa ligger utom kommunens ansvar. Litteraturstudien fokuserar helt och hållet på områden av urban karaktär som domineras av hårdgjorda ytor där avrinningen och infiltrationen är bristfällig. Hämtad statistik är mätta utefter varierande datum och kan därför avvika sett till nutida förhållanden. Fallstudien är framförallt internetbaserad men också gjord genom personlig kontakt enligt kapitel 1.4 Metod. Projekten i Kina kommer därmed inte att besökas fysiskt.

Resultatdelen är baserad på platser i Lund. Eftersom att förhållanden skiljer sig mellan olika platser i Sverige och framförallt i världen kommer statistik och bakgrundsanalyser för utformningarna att baseras på Lund. Förslagen behandlar inte växtval, eftersom att de kräver noggranna forskningsresultat. Kostnadsförslagen omfattar inte anläggnings- eller skötselkostnader. De är övergripande och enbart en enkel bedömning i form av överslagsberäkningar.

Metoden för att beräkna dagvattenhanteringens kapacitet görs med hjälp av verktyget "LAR potentiale". Metoden innehåller dock enbart fyra olika dagvattenlösningar och kan därför inte hantera litteraturstudiens samtliga lösningar för dagvatten på ett korrekt sätt. Några av lösningarna i studien läggs därför in i den mest lämpliga kategorin. Kategorierna begränsas till permeabel yta, simpel regnbädd, regnbädd med fördröjning och fördröjningsmagasin. Sempel regnbädd kan heller inte kombineras med regnbädd med fördröjning, vilket innebär felaktiga kategoriseringar. Beräkningarna görs på hela ytans area och tar inte hänsyn till delavrinningsområden.

1.4 Metod

Det metodiska grundupplägget är att besvara frågeställningen genom att skapa en egen grund för att bedöma hållbarheten. Detta uppnås i förslag till nya hållbara dagvattenlösningar på några utvalda platser i centrala Lund. Förslagen baseras på litteratur-, fall- och fältstudie.

Arbetet är uppdelat i två huvuddelar, en litteraturstudie och en resultatdel.

Litteraturstudien ligger till grund för det resultat som uppnås i uppsatsen och är baserad på fakta och statistik. Här ges en samlad beskrivning av de olika områden som berör uppsatsens tema. Den litteratur som använts har hittats på SLU Alnarp bibliotek, Lunds stadsbibliotek och bibliotekskatalogen via Lunds universitet. Litteraturen har även hittats i databaser såsom Google Scholar och Primo.

Fallstudie av projektet "Sponge Cities" i Kina har genomförts. Fallstudien inspirerades av Anders Kristoffersson som handleder en kinesisk student på SLU, Alnarp. Xiu-juan Qiao skriver sin avhandling om "Sponge City"-konceptet och har varit till hjälp för fallstudien.. Genom både Anders och Xiu-juan har information om projektet kunnat tillgås och de har även funnits där för att diskutera ämnet. Projektet har gett inspiration till design-förslagen och de illustrationer som presenteras i resultatdelen. "Sponge Cities" är ett projekt i storskalig utsträckning och har varit bra att jämföra med den fältstudie som utfördes i Murcia.





En *Fältstudie* har genomförts i Murcia, Spanien. Genom kontakt med Mats Strandberg som arbetar med vattenfrågor på Gryaab väcktes intresset för staden Murcia. Spanien är för ämnet aktuellt eftersom att det södra svenska klimatet i framtiden kan komma att efterlikna deras (Boverket 2010). Kontraster av skyfall och torka är något som förknippas med Spanien och genom studien har Murcias satsningar varit inspirerande för att kunna tackla dessa problem. Innan platsen besöktes hade bakgrundsfakta och annan information tagits fram. Fältstudien utfördes under två dagar genom att flera platser i den urbana staden besöktes och dokumenterades. Studien har gett en inblick i hur Murcia tacklar varierande torka och översvämningar och tillämpningar har gjorts i de presenterade förslagen för utvalda platser i Lund.

Resultatdelen presenterar det resultat, i form av exempel på hållbara lösningar i Lund, som uppnåtts med hjälp av litteraturstudien. Lund har valts ut då vi båda har anknytning till staden och anser att en avsaknad av gröna ytor finns. Stadskärnan i Lund domineras av trånga enkelriktade gator som består till stora delar av hårdgjorda ytor. De specifika platserna som valts ut har kvalitéer som motsvarar en typisk urban miljö. För att uppnå rimliga resultat har en fallstudie även utförts i Lund som gett en bakgrundsanalys om de omgestaltade platserna. Lunds urbana dagvattensituation har legat till grund för samtliga utformade förslag. Fallstudien har även innefattat ett samarbete med VA-Syd som har delat med sig av dagvattenstrategier för Lunds kommun. Fakta framtagen för fallstudien har dels tagits från nätet, dels via VA-Syd och dels genom platsbesök. De illustrerade förslagen har även inspirerats av fall- och fältstudier. De digitala verktyg som har använts för att skapa de illustrerade omgestaltningförslagen är; AutoCAD, SketchUp, Adobe Photoshop och Vectorworks. För att mäta utformningarnas hållbarhet har en bedömningsskala upprättats, där rosa är liten, blå är mellan och grön är stor. De har bedömts enligt:

- Placering, där dagvattenlösningarnas placering i landskapet avgör för huruvida bedömningsskalan liten, mellan eller stor anges. Med placering menas förhållandet mellan avrinningsområdet och upptagningsmetoder, där liten innebär en placering som enbart täcker en specifik del av ytan, mellan innebär att lösningarna finns utspridda på minst två tredjedelar av den totala ytan, stor innebär att lösningar är placerade utspritt över hela ytan.
- Ytan dagvattenlösning i förhållande till uppsamlingsområdets area, där liten är <10%, mellan 10% och stor >15%.
- Återkomsttid, där liten har en återkomsttid på <10 år, mellan 10 år och stor >10 år. Utvald skala grundar på VA-ledningarnas minimum återkomsttid på 10 år.
- Vid bedömning av värdet estetik är variationen av lösning avgörande, där mängden olika lösningar skapar en bredare målgrupp. Även antalet lösningar bidrar till skalan.
- Multifunktionaliteten grundar sig på mängden metoder som kan användas till fler syften än dagvattenupptag.

Verktyget "LAR-potentiale" som använts i arbetet bygger på Three Point Approach (3PA), eller trepunktsmetoden. "LAR-potentiale" beräknar nederbördsavrinningen och dagvattenhanteringen på ett simpelt och överskådligt sätt. Verktyget är uppbyggt i Excel och fungerar på så sätt att information om platsen skrivs in i filen. Det som ska anges är avrinningsområdets storlek och storleken på de lösningarna som är tänkta till platsen. De olika kategorierna är upptagningsområde, permeabel yta, enkel regnbädd, regnbädd med fördröjning





och fördröjning. Gestaltningens samtliga lösningar läggs in under respektive kategori. Genom verktyget erhålls en graf och ett diagram, där grafen visar återkomsttid samt tillgänglig lagring i mm per tillfälle. Diagrammet visar platsens förmåga att infiltrera, evaporera, fördröja och hur mycket dagvattnet som har en omedelbar avrinning.

För att få en översiktlig bild av hur mycket de olika förslagen som har utformats kostar har respektive lösning fått ett pris. Detta har gjorts för att på ett enkelt sätt kunna jämföra kostnaderna för de olika lösningarna. Kostnadsförslag har tagits fram med hjälp av Anders Kristoffersson. Det som ingått i kostnaderna är dagvattenmetod, sittplatser och cykelparkeringar.



KAPITEL 2 KLIMAT- FÖRÄNDRINGARNAS PÅVERKAN PÅ URBAN MILJÖ



KAPITEL 2



2 Klimatförändringarnas påverkan på urban miljö

2.1 Klimatförändringarna i Sverige

Den globala klimatförändringen innebär framförallt långsiktiga variationer i temperatur, nederbörd och vind. De många livsaspekter som påverkas av klimatförändringarna resulterar i en förhöjd havsnivå, smältande glaciärer, våldsamma stormar, förminskad mattillgång och malplacerade artbestånd. Det beräknas att den globala medeltemperaturen kommer att höjas mellan 2 och 11 grader vid slutet av 2000-talet (Calkins, 2009). En global ökning på 2 grader skulle i Sverige innebära en 1-2 grader ökning under sommaren och 2-5 grader under vintern. Vilket för Sverige innebär en fördubblad ökning, globalt sätt (WWF, 2017). Den ökade uppvärmningen av klimatet kommer att leda till växlande perioder av torka och översvämningar. Kontrasten kan skiljas regionalt och mellan årstider (Kjellström, 2013). Att Sveriges temperatur ökas mer sett till den globala ökningen beror på den arktiska återkopplingen (WWF, 2017). För Sverige innebär klimatförändringarna temperaturhöjningar, ökad mängd av nederbörd och en förkortad vintersäsong (SMHI, 2014). Regionalt sett sker den största ökningen av nederbörd främst i norra Sverige, medan Götaland riskerar att förändringen är lika med noll och får då som resultat torrare mark på grund av att avdunstningen ökar vid en ökad temperatur (Klimatanpassningsportalen, 2017). Förändrade flöden och grundvattennivåer kan leda till att föroreningarnas rörlighet ökas och sprids därmed vidare till ett mer utbrett område (Klimatanpassningsportalen, 2017). Föroreningar som transporteras ner till grundvattnet samt når ytvattnet, leds vidare till vattendrag, sjöar och hav och innebär att utsläppen kan bli stora i förhållande till vattnets kvalitet och vattenmiljöns hälsa i sig. Detta leder till en ökad avrinning, bidragande till sediment och föroreningar i bäckar, floder, sjöar och våtmarker (Calkins, 2009).

Under de senaste århundradena har förstörelse av skogar, livsmiljöer, luft, vatten och markföroreningar bidragit till en förlust av biologisk mångfald som i sin tur påverkar ekosystemet i sin helhet (Calkins, 2009). De negativa effekterna på ekosystemen innebär utrotning och livsmedelsförsörjningen kan komma att påverkas (SMHI, 2014).

Genom att anlägga hållbara miljöer från början kan klimatförändringarnas negativa effekter begränsas och förhoppningsvis förhindras (SMHI, 2014).

2.2 Klimatet i staden

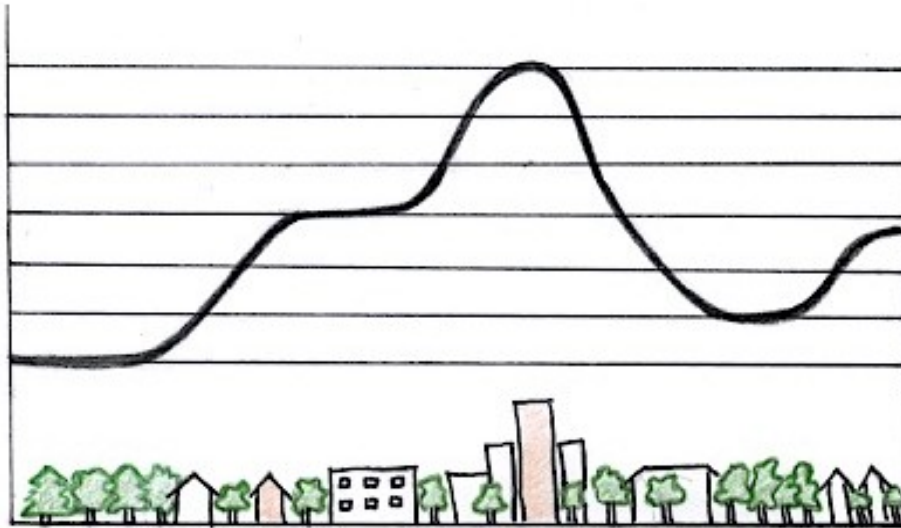
Vi lever i ett klimat i förändring och detta är vår tids stora utmaning. Den globala uppvärmningen fortsätter och mycket tyder på att detta är förenat till människans aktiviteter (Kjellström, 2013). Växthusgashalten fortsätter att öka och detta bidrar till en fortsatt framtida uppvärmning och klimatförändring. Städerna står för minst 60 % av alla koldioxidutsläpp (Unhabitat, 2015). Enligt Boverket (2010) består många städer i Sverige idag till stora delar av hårdgjorda ytor, och detta i kombination med tät bebyggelse blir staden mindre hållbar mot de klimatförändringar som väntas. De hårdgjorda ytorna bidrar även till en försämrad infiltrationskapacitet och kyleffekten blir bristfällig (Boverket, 2010). Städerna påverkas på olika sätt beroende på var staden har sitt geografiska läge. Även omgärdande landskap har stor





påverkan på klimatet i staden och det handlar om faktorer som altitud, topografisk variation, markanvändning och mängden vatten i staden (Sjöman & Slagstedt, 2015). För att minska klimatpåverkan har även städerna en viktig uppgift och detta genom att få enskilda personer och företag mer involverade och påverka deras beteende när det gäller konsumtion (Miljömål, 2016). Det finns många sätt för städerna att minska klimatpåverkan och exempel på detta är energieffektivisering av flerbostadshus och transportsystem (Kjellström, 2013).

2.2.1 Temperaturskillnadernas påverkan i staden



Figur 1: Temperaturskillnaden mellan landsbygden och urbana områden, som kan skiljas med hela 8%. Skillnaden beror på mängden vegetation och hårdgjorda ytor som absorberar värme, t.ex. tak och stenbeläggningar (Calkins, 2009). Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

Sveriges klimat har blivit varmare och detta medför många konsekvenser. Det naturliga ekosystemet samt jord- och skogsbruket drabbas, men även fjällkedjan blir utsatt. Konsekvenserna av den ökade koncentrationen av växthusgaser är temperaturökningen och mycket tyder på att detta har med den mänskliga aktiviteten att göra (Kjellström et al. 2014). Den urbana värmeö-effekten även kallad urban heat island effect visar på att det finns en temperaturskillnad mellan staden och omgivande landskap, där skillnaderna är som störst under natten. Temperaturen inne i staden och på landsbygden kan alltså variera och värmeöeffekten är normalt 1-3 °C, men kan vara mycket större under vissa omständigheter (Sjöman & Slagstedt, 2015). Detta är exempel på hur människan påverkar lokal- och mikroklimatet. Valet av material och utformning av byggnader, andelen hårdgjorda och vegetationsbeksådda ytor och luftföroreningar är bidragande faktorer till värmeö-effekten. I de tätbebyggda, centrala delarna uppnås de högsta temperaturerna (Nilsson, 2016). Sjöman & Slagstedt (2015) menar att människan även påverkar värmeö-effekten på flera sätt, genom fordonstrafik, industriernas energiförbrukning samt uppvärmning och avkylning av byggnader. Vegetationen har också en betydande roll när det kommer till temperaturskillnaderna i staden och på landsbygden. Mängden vegetation på landsbygden är betydligt större än i staden, där ytorna till stor del består av hårdgjorda material. Ett effektivt sätt för att minska värmeö-effekten är att utveckla stadens vegetation och grönområden, på så sätt kyles staden ner genom evaporation (ibid.).





2.2.2 Översvämningar som ett resultat av extrem nederbörd

Sverige har blivit och kommer att bli mer nederbördsrikt vilket påverkar samhället negativt. Konsekvenserna har lett till ökade problem med mer intensiva skyfall och kraftigare regn. Till följd av detta har även antalet översvämningar ökat (Kjellström et al. 2014). De lokala förutsättningarna påverkar översvämningsrisken. Att planera och anpassa samhället till dagens såväl som kommande översvämningar är en svår uppgift (MSB, 2016). Dagens städer består till stora delar av hårdgjorda ytor och till följd av detta avleds en stor mängd vatten för snabbt till VA-nät och respektive recipienter (Boverket, 2010). I många lägen är det människan som har bidragit till en ökad översvämningsrisk i tätorterna. Det kan till exempel handla om:

- Underdimensionerade avloppssystem
- Vattendrag och naturliga översvämningsområden har torrlagts
- Bebyggelse i områden som är benägna till översvämningar och i dalar
- Anläggning av ogenomsläppliga beläggningar

(Boverket, 2010).

Avloppssystemen blir mycket påverkade av den ökade nederbörden och de stigande vattennivåerna, många system är gamla och kan inte hantera större mängder vatten utan är i stort behov av ombyggnad eller förnyelse. De lokala förhållanden spelar in och avgör vilka möjligheter det finns och även vilka åtgärder som är rimliga för att öka säkerheten mot översvämningar i befintliga områden. I de städer där ett kombinerat avloppssystem används finns det stor risk för översvämningar i källarutrymmen. Det som händer när systemet blir överbelastat är att en blandning av spill- och dagvatten tränger upp genom golvbrunnar eller toaletter (Svenskt vatten, 2016).

2.3 Klimatförändringar ur ett dagvattenperspektiv

Nivåhöjningen i sjöar och vattendrag såväl som rikligare och oftare förekommande nederbörd är konsekvenser av klimatförändringarna. Den stora mängden nederbörd belastar dagens befintliga avloppssystem, vilket innebär att dessa behöver förses med avlastande lösningar. Hårdgjorda miljöer är i behov av anpassning för att möta de förändringar som jorden står inför (Svenskt vatten, 2011). Den stora kvantiteten nederbörd medför översvämningar framförallt på urbana ytor där hårdgjord mark dominerar. Översvämningar riskeras dels nedströms från stigningen av vattennivån och dels uppströms via skyfall. För att undvika översvämningar bör samtliga befintliga system ses över och förstärkas för att den ökade vattenmängden ska kunna omhändertas (Svenskt vatten, 2016). Dagvattenstrategier som liknar naturliga system innebärande lokal uppsamling av vattnet, infiltrering och fördröjning reducerar de flöden som tillslut når vattendrag, gator och VA-nät (Boverket, 2010). De framtida utmaningar som hanteringen av dagvatten står inför kommer att innebära åtskillig planering. Som en följd av de dominerande hårdgjorda ytorna i städer har kapaciteten av dagvattenrening försämrats (Boverket, 2010). Dessutom har städernas ogenomsläppliga ytor allvarliga konsekvenser på grundvattenbildningen, likväl för dagvattenstrategier som har uppgiften att leda bort vattnet (Calkins, 2009). God planering och hållbara lösningar motverkar skador på byggnader och





konstruktioner genom att förhindra översvämningar. Dessutom kan hållbara lösningar minska utsläppen av föroreningar genom filtrering (Svenskt vatten, 2016).

För en god planering krävs nedanstående åtaganden:

- Bedömning av framtidens högsta vattenstånd
- Åtgärder inom nyexploatering
- Åtgärder för avloppsnät
- Översvämningstålga byggnader
- Åtgärder mot höjda vattennivåer i vattendrag, sjöar och hav

(Svenskt vatten, 2011).

Genom att tänka framåt och dra in dagvattenfrågan i ett tidigt skede kan även rimliga kostnader uppnås (Svenskt vatten, 2016). Med gröna samhällen förhöjs dessutom trivselen och ger ett bättre skydd mot värmeböljor, som tidigare i texten nämnts som ett problem i tätbebyggda områden (Svenskt vatten, 2016). För att dagvattenhanteringen ska prioriteras är vikten av allmänhetens förståelse också avgörande (Boverket, 2010), eftersom att privatägd mark är svår att hantera utifrån kommunala formella krav (Kristoffersson, 2017). Det är dock viktigt att komma ihåg att urbana ytor utgörs av en ytterst liten andel utav jordens totala yta och därför kan hållbara lösningar inte förhindra klimatförändringar, däremot kan de avvärja de konsekvenser som utgörs av dem (ibid.).



KAPITEL 3 HÅLLBARA DAGVATTEN- LÖSNINGAR



KAPITEL 3



3 Hållbara dagvattenlösningar

3.1 Vad är dagvatten

Innan marken blev exploaterad kunde dagvattnet på egen hand infiltreras i marken och tas upp av växtligheten (Persson et al. 2009). Sedan människan började bygga hus har frågan angående dagvatten varit viktig (Dagvattenguiden, n.d). Dagvatten kan skapa stora problem och samlas det på olämpliga platser kan skador på exempelvis byggnader uppstå (Dagvattenguiden, n.d). Dagvatten är den nederbörd som faller på stadens hårdgjorda ytor (SMHI, 2017a). Det finns flera olika typer av dagvatten, men det mesta dagvattnet kommer från regn eller smältvatten från snö och is. Det vatten som används för att tvätta bilen räknas som dagvatten då det är vatten som tillfälligt rinner på en hårdgjord yta (Dagvattenguiden, n.d).

Efter att dagvattnet har nått marken leds det vidare till antingen ett öppet eller stängt dagvattensystem. Därefter når vattnet respektive recipient (sjö, hav, å och dammar) (Persson et al. 2009). I det flesta städer idag finns det ett duplikatsystem, vilket innebär att spillvattnet (vatten från toalett, bad, disk och tvätt) och dagvattnet leds i olika rör (SMHI, 2017b). Förr byggdes kombinerade system där dag- och spillvatten avleds i samma ledning, detta system är en riskkonstruktion med avseende på källaröversvämningar. Det som kan hända om ledningarna bli överbelastade är att spill- och dagvatten tränger upp genom golvbrunnar eller toaletter i fasighetens källarutrymme (Svenskt vatten, 2011). Ungefär 13% av dagens svenska system är kombinerade (SMHI, 2017a).

3.2 Hantering av dagvatten i urban miljö

Som tidigare nämnts har enligt SMHI (2017a) konsekvenserna av urbaniseringen lett till att allt fler icke permeabla ytor anlagts. Effekterna av de ogenomsläppliga beläggningarna har lett till en större kvantitet dagvatten som behöver omhändertas. Dessutom leder hårdgjorda ytor till en större avrinningskapacitet, vilket innebär en snabbare avrinning. Hanteringen av dagvattnet idag såväl som igår samlas upp både via underjordiska ledningar samt i konstruktioner ovan mark (ibid.). Traditionellt sett leds dagvattnet i ledningar under mark för att ledas vidare till närliggande recipient (Stahre, 2006). Antalet öppna lösningar har ökat i mängd genom åren men i förhållande till klimatförändringarna sannolikt inte tillräckligt (Stahre, 2006). Det är de ytliga lösningarna som avlastar de underjordiska och de kan med fördel utformas i form av öppna dagvattenlösningar, så kallat lokalt omhändertagande av dagvatten, LOD (Svenskt vatten, 2016).

Enligt Svenskt vatten (2016) har den urbana hanteringen av dagvatten som huvudsyfte att minimera risken för skador på bebyggelse som kan orsakas av översvämningar. Översvämningar och överbelastning i befintliga dagvattenledningar är en negativ effekt av de dominerande hårdgjorda ytorna. För att uppnå en fungerande dagvattenlösning måste anläggandet av nya system tillgodoses med noggrann höjdsättning och dimensionering. En väl balanserad planering kan öka möjligheterna att minska exploaterings negativa efterföljder (ibid.).

Idag är det inte helt självklart hur hanteringen och planeringen av dagvattenlösningar ska utföras. Förutom skador på byggnader och spridningar av föroreningar står samhället inför problematik även i planeringsprocessen av dagvattenhanteringen (Persson et al. 2009). Sambandet mellan den övergripande vattenplaneringen och den förvaltning och drift som sker





på platsen är idag bristfällig. För att optimera dagvattensystemen i stadsmiljö är det av stor vikt att göra en analys av platsens riskbild, miljönytta och kostnad (Boverket, 2010). Genom en god planering kan dagvattnet användas som en resurs till samhällets fördel istället för att ses som ett problem (Persson et al. 2009).

Ytterligare problem som är kopplade till dagvattnet är belastningar på reningsverken som precis som källaröversvämningarna orsakas av den ökade vattenmängden i form av nederbörd, vattennivåhöjningar och tillskottsvatten. Med tillskottsvatten menas det vatten som läcker in i spillvattensystemen och privata servisledningar som är kopplade till den större mängden bebyggelse (Svenskt vatten, 2016). Vid planeringen av ny bebyggelse är det av stor vikt att redogöra för eventuella begränsningar i angränsade befintliga anläggningar. Huruvida begränsningar finns i mottagandet av dagvatten vid närliggande bebyggelse påverkar även den nya bebyggelsen (Boverket, 2010).

Vid val av dagvattenlösningar till enskilda områden avgör utformningen av omgivningen och vattnets rörelsemönster vilka som är aktuella. Dock måste även hänsyn tas till vilka aktörer som äger och förvaltar området, dessa är huvudsakligen kommun eller enskilda aktörer och det brister ofta i samarbetet med dagvattenhanteringen (Lönngren, 2001).

För befintlig bebyggelse är det omöjligt att sätta upp generella säkerhetskrav eftersom höjdsättningar, placeringen av byggnader och system redan är bestämda (Svenskt vatten, 2016). Befintlig bebyggelse runtomkring avrinningsområdet tillför även vatten till de dagvattensystem som ska anläggas (SMHI, 2017a).

Idag hanteras dagvattnet antingen lokalt eller leds till annan anläggning, vilket alternativ som används beror på platsens förutsättningar och syftet med anläggningen (Lönngren, 2001).

För att skapa så långsiktiga lösningar som möjligt används enligt Svenskt vatten (2016) historisk regnstatistik vid planeringen. För att säkra konstruktionerna dimensioneras de för en specifik återkomsttid som är ett ungefärligt mått på att en särskild händelse ska inträffa. Återkomsttiden påverkas förutom av regnanalyser även av det enskilda områdets förutsättningar, såsom anläggningar, antalet hårdgjorda ytor etc. För återkomsttiden gäller att ju längre tid som planeras för desto mindre chans att det inträffar, vilket innebär att det går att påverka planerandet till fördel för framtidens klimatutmaningar. För att möta klimatets förändringar läggs ytterligare en klimatfaktor på som ska täcka framtidens ökade mängd nederbörd och vattennivåhöjningar (ibid.). För att säkra för framtiden kan det tänkas att en lägre återkomsttid används vid samtliga konstruktioner, men sanningen är att beslutet måste sammanvägas med kostnaderna, som då är avgörande för hur långsiktigt hållbar den kommer att vara sett till klimatanpassningen (SMHI, 2017b).

Det finns egentligen ingen specifik lag som dagvattenhanteringen regleras till, istället läggs den under en rad olika lagar som berör hanteringen av dagvattnet. Det kan dock nämnas att miljöbalken och lagen om allmänna vattentjänster täcker en stor del. Utöver dessa berörs dagvattenfrågan bland flera i anläggningslagen, plan- & bygglagen, lagen om allmänna vattentjänster och miljöbalken (Alm & Åström, 2014).

3.2.1 En komplicerad ansvarsfördelning försvårar dagvattenhanteringen

För att dagvattenfrågan ska hanteras på bästa möjliga sätt krävs det att den involveras i ett tidigt skede i samhällsplaneringen (Lönngren, 2001). Dagvattenhanteringen måste utformas





samverkan med samtliga involverade, såsom bygglov, samhällsplanering, park, gata, miljö och VA (Svenskt vatten, 2016). Vidare krävs det att planerare, projektörer, och ansvariga för skötsel samarbetar (Lönngrén, 2001). Dagens läge ser dessvärre inte ut på det viset och drabbar därmed hanteringen i sin helhet (Svenskt vatten, 2016). För att lyckas med dagvattenhanteringen bör man bortse från förvaltnings- och ägogränser. Det är svårt att styra tomtägarens användning av hållbara dagvattensystem över områdesgränsen och ungefär 40% av den totala arean för Sveriges tätorter består av bostadsområden (Lönngrén, 2001). Ett avrinningsområde påverkas av ett flertal olika aktörer, vilket innebär att det uppdelade ansvaret påverkar slutresultatet av dagvattenhanteringen. Faktumet att det inte existerar en enskild aktör som har det övergripande ansvaret över hela dagvattenfrågan innebär komplikationer. I Sverige saknas en nationell strategi och handlingsplan för arbetet med de framtida klimatförändringarna, vilket förtydligar vikten av ett samarbete mellan de involverade aktörerna för en och samma plats. Ansvaret delas framförallt upp inom kommunen, VA-organisationerna och länsstyrelsen (Alm & Åström, 2014). Svenskt vatten nämner (2016) ytterligare uppdelningar inom samtliga kategoriseringar. Exempelvis finns flera förvaltningar inom både kommun och VA-organisationerna som berör dagvattenfrågan. Det är tydligt att ett samarbete mellan samtliga aktörer krävs för att uppnå ett långsiktigt hållbart resultat. Kommunerna tar över efter VA-organisationerna efter det att vattennivån når markytan och fastighetsägaren tar över efter kommunens ansvar efter att förbindelsepunkten nås, vilket lätt kan skapa missförstånd. Lösningarna för dagvattenhanteringen varierar därmed kraftigt och är mer eller mindre hållbara (ibid.).

Det uppdelade ansvaret vid dagvattenhanteringen visar på kunskapsbrist och avsaknaden på kompetens och resurser kan därmed leda till en oförändrad situation. I tider där störst vikt läggs på ekonomiska besparingar, blir dagvattenproblemen lägre prioriterat. Det gäller att kartlägga var kunskapen finns och använda den på rätt sätt. Mobiliseringen av rätt personer i dagvattenplaneringen är av stor vikt för att ett hållbart och långsiktigt resultat ska uppnås (Jansson et al. 1993).

3.3 Hållbara dagvattensystem

I urban miljö har naturliga ytor ersatts med icke permeabla ytor. Vägar, tak och stenbeläggningar ersätter jord och vegetation, vilket reducerar fördröjningen och infiltrationen av vattnet (Niemelä, 2011).

För att möta framtidens förändrade klimat bör stor vikt läggas på att skapa hållbara lösningar där långsiktighet är i fokus. En hållbar dagvattenhantering minskar samhällets dagvattenföroreningar, översvämningar, sänkta grundvattennivåer och kraftiga flödestoppar (Stahre, 2006). Vattnet i dagens tätbebyggda områden har en kraftig avrinning och försämrar förutom tidigare diskuterade problem även för stadens växter (Svenskt vatten, 2016). Till skillnad från naturliga områden där nederbörd tas om hand med hjälp av jord och växter har exploateringen lett till att nästan all nederbörd i städer blir ytligt vatten som rinner av de hårdgjorda ytorna (Watson & Adams, 2011). De många fördelar som en hållbar hantering innebär skapar en stadigare vattenbalans i staden, vilket i sin tur leder till att vattnet i den urbana miljön får en jämnare vattenfördelning i de annars varierande förhållandena (Sjöman & Slagstedt, 2015).

En hållbar dagvattenhantering kan reducera dagvattenföroreningar, översvämningar, sänkta grundvattennivåer och kraftiga flödestoppar (Stahre, 2006).

Noggrant utvalda strategier kan med fördel för både naturen och människan omvandla dagvatten till en resurs (Sjöman & Slagstedt, 2015). Genom lokal hantering kan 10% vid varje





nederbördstillfälle ta upp hela 75% av årsvolymen (Svenskt vatten, 2016). Övergången från den traditionella dagvattenhanteringen till en mer hållbar sådan innebär fler aspekter att addera till planeringsprocessen. Det traditionella sättet innebär att skapa lösningar som klarar av att ta upp mängden vatten som faller över marken medan en hållbar lösning räknar in andra parametrar som t.ex. rekreation och vattenkvalitet (Stahre, 2006).

Ett sätt att hantera och fördröja dagvatten i urban miljö är att anlägga fler grönområden. Växter spelar en självklar roll i hanteringen och det finns flera metoder som kan tillämpas. Grönskan skapar dessutom biologiska och ekologiska värden i staden och kan genom att adderas i stadsmiljön filtrera bort en del av de föroreningar som är kopplade till dagvatten (Stahre, 2006).

Öppna uppsamlingsområden för vatten såsom kanaler och dammar är metoder som kan komplettera de ovannämnda ytorna. Kanaler kan leda dagvattnet mellan recipienter medan dammar kan användas som filtrering av föroreningar innan de når den slutliga recipienten; havet (Stahre, 2006).

För att skapa goda förutsättningar för en hållbar dagvattenhantering krävs det att faktorer som topografi, hydrologi, markförhållanden, vegetation och markens användningsområde undersöks före planeringen (Stahre, 2006). Detta för att möta huvudsyftet med öppna dagvattensystem, som är att skapa platser vars förutsättningar ska likna naturens (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Som nämnt tidigare finns det brister i samarbetet, och att lösa dessa är nyckeln till en långsiktigt hållbar dagvattenhantering. Samtliga involverade aktörer bör vara öppna för att tänka nytt och strategier som gynnar stadens vattenbalans. Hanteringen av överflödigt vatten diskuteras ofta i slutet av planeringsprocessen. I det stadiet måste dagvattenhanteringen ge vika för redan befintlig höjdsättning och bebyggelse och därför kan optimala lösningar inte utformas. Under planeringsprocessen bör även de gröna samarbeta med de blåa ingenjörerna för att skapa mångfunktionellt hållbara ytor (Stahre, 2006). Grön-blåa ytor skapar god klimatkomfort såväl som en god vattenbuffrande kapacitet (Boverket, 2010). Stor vikt bör även läggas på skattebetalarna, det vill säga medborgare som genom reklam och utbildning kan informeras om dagvattenhanteringsens betydelse (Stahre, 2006).

Målet för framtida dagvattenanläggningar är att skapa en miljö som gynnar vattenbalansen på ett sätt som efterliknar naturen så mycket som möjligt. Fördröjningen av vatten i städer görs bäst genom vegetation och permeabla ytor och dessa bör därför stå för den övergripande arean för att möta visionen att efterlikna en naturlig miljö (Niemelä, 2011).

3.3.1 Öppna dagvattensystem

Ett öppet dagvattensystem har i uppgift att omhänderta dagvatten på ett sätt liknande naturens egna kretslopp (Lönngren, 2001). Det finns ett flertal system och de behandlar vattnet på olika sätt. Många av systemen kan ta hand om en del av vattnet som leds dit, resterande vatten leds vidare till allmänna dagvattensystem (Stahre, 2006). Lokalt omhändertagande, fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning, är begrepp som beskriver hur hanteringen av dagvatten kan gå till på både privat mark och på allmän platsmark (Svenskt vatten, 2011). Genom att utnyttja alla dessa kategorier avlastas ledningssystemet. Användningen av öppna dagvattensystem har blivit mycket vanligare och detta för att uppnå ett långsiktigt hållbart sätt att hantera vattnet på och även uppnå förbättrad stadsmiljö och bättre vattenkvalitet (Stahre,





2006). Nedan beskrivs fyra tekniska tillämpningar som används framförallt till öppna dagvattensystem:

Lokalt omhändertagande

Lokalt omhändertagande är den kategori av dessa fyra som är avsedd för privat mark. Här är det fastighetsägaren som bestämmer hur vattnet ska omhändertas (Boverket, 2010). Begreppet innebär minskning och/eller fördröjning av dagvatten på privat mark (Stahre, 2006). Fastighetsägaren kan påverka vattenflödena genom att planera rätt. Exempelvis inte fylla tomten med hårdgjorda ytor, det är bättre att plantera träd och växter som kan ta emot vattnet (Boverket, 2010). Exempel på lokalt omhändertagande är: gröna tak, infiltration på gräsytor, genomsläppliga beläggningar, infiltration och fördröjning i gräs-, grus-, makadamfyllningar, perkolation, dammar och uppsamling av takvatten (Svenskt vatten, 2011).

Lokalt omhändertagande av dagvatten (LOD), är ett begrepp som kom till på 70-talet. Det kom till i samband med att vetenskapen om att traditionell avledning av dagvatten i slutna ledningssystem medförde negativa effekter. Tanken bakom LOD var att begränsa dagvattenflödena, alltifrån ren flödesutjämning till infiltration av allt dagvatten i marken. Det skulle fungera som ett alternativ till konventionell avledning (Jansson et al. 1993). Svenskt vatten (2011) menar på att LOD-tekniken fick ett dåligt ryckte då många av de tekniska lösningarna som prövades inte var gjorda för kraftig nederbörd eller längre våta perioder. Begreppet har även misstolkats och har i några fall tolkats som att allt vatten tas hand lokalt genom infiltration och att inget dagvattensystem behövs i området (ibid.).

Fördröjning nära källan

Fördröjning nära källan avser allmän platsmark. Det innebär att kommunen har ansvar och att det går under det allmänna VA-systemet (Stahre, 2006). Infiltration kan ske på allmän platsmark och ytor som oftast är hårdgjorda såsom parkeringar kan bytas ut mot ett mer vattengenomsläppligt ytmaterial (Boverket, 2010), exempelvis hålad marksten (Svenskt vatten, 2011). Exempel för denna kategori är: genomsläppliga beläggningar, infiltration och fördröjning i gräs-, grus och makadamfyllningar, tillfällig uppdämning av dagvatten på speciellt anlagda översvänningsytor, diken, dammar och våtmarker (ibid.).

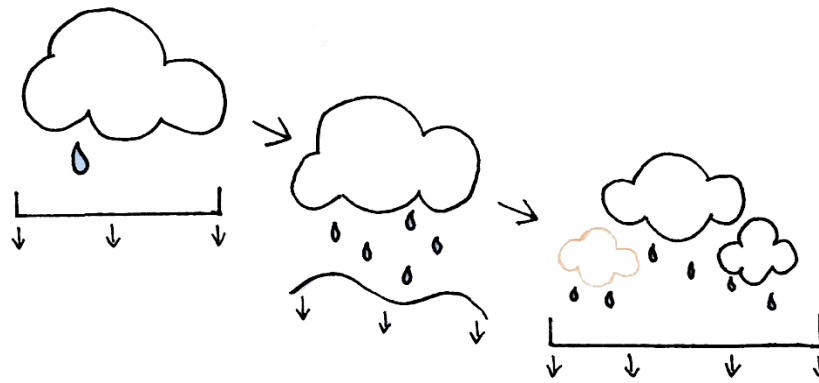
Trög avledning

Med trög avledning är målet att minska mängden dagvatten och fördröja transporten. Funktionen för detta system kan liknas med de konventionella dagvattenledningarna under mark, skillnaden är att transporten av vatten sker långsamt i ett öppet system och är integrerat i den bebyggda miljön. Trög avledning är ett dagvattensystem som är kopplat till det allmänna VA-nätet på allmän platsmark (Stahre, 2006). Exempel på trög avledning är: svackdiken, kanaler, bäckar och diken (Svenskt vatten, 2011).

Samlad fördröjning

Detta är ett platskrävande alternativ men viktigt när det kommer till hållbar dagvattenhantering (Svenskt vatten, 2011). Här samlas dagvatten från större avrinningsområden i t.ex. en damm eller i ett våtmarksområde. Detta sker på allmän platsmark (Stahre, 2006). Denna typ av dagvattenhantering kan med fördel placeras i urbana miljöer i t.ex. park- eller rekreationsanläggningar (Boverket, 2010).





Figur 2: Principer för dagvattenhantering. Från vänster visas; fördröjning nära källan, trög avledning samt samlad fördröjning. Illustration av Felicia Wendel, 2017.

3.4 Strategier

Under nedanstående strategier (kapitel 3.4.1-3.4.6) demonstreras utvalda dagvattenmetoder i form av figurer. Dessa visar vilka värden som metoderna främst bidrar med. Figur 3 visar de olika symbolernas betydelse. Symbolerna utgörs av värdena; fördröjning, infiltration, absorption, avdunstning, rening, erosion och estetik. För att på ett pedagogiskt sätt visa de värden som inte uppnås av dagvattenmetoden tonas de ner i den illustrerade figuren.

3.4.1 Fördröjning

Principer för hållbar dagvattenhantering är fördröjning nära källan, genom trög avledning eller samlad fördröjning (Svenskt vatten, 2011).

Fördröjning är ofta den egenskap som önskas vid anläggandet av hållbara öppna dagvattensystem. Dagvattnet fördröjs huvudsakligen nära källan, genom trög avledning eller samlas i t.ex. en damm eller våtmark (Svenskt vatten, 2011). Fördröjningen kan med hjälp av genomsläppliga beläggningar, vegetationsytor eller tillfälliga översvåmningsytor infiltrera och hantera dagvatten i ett flertal olika utföranden i staden. Genomsläpplig mark kan med fördel användas för konstruktioner där dagvatten antingen ska hanteras direkt eller avledas till recipient (Stahre, 2006). Vegetationen är ett bra verktyg för utjämning av flödestoppar, men också för fördröjningen (Svenskt vatten, 2011).

Att hantera dagvattenavrinningen med hjälp av trög avledning begränsar översvämningar och överbelastningar i dagvattensystem. Att dessutom göra den tröga avledningen öppen avlastar befintliga dagvattenledningar under mark såväl som de ovan. Trög avledning utformas ofta i form av bäckar och öppna diken (Svenskt vatten, 2011). Grunda öppna diken, så kallade svackdiken, kan hantera stora mängder vatten men kan vid riklig nederbörd behöva avlastning av ett bräddavlopp. Svackdiken anläggs med växter som gynnar vattenhanteringen. Även bäckar fungerar som en transportväg för vattnet, och det bidrar till ett fint inslag i staden. Ju mer meandrande bäcken är desto mer fördröjande blir den (Wahlström et al. 2016).

Avledningen av dagvatten varierar beroende på vilket material som väljs. Avrinningen är som allra högst vid bebyggelse där hårdgjorda ytor är dominerande och minst där vegetation tar upp en del av vattnet genom interception. Avrinningskapaciteten avgörs dock även av den





underliggande jordtypen, där lerjord har en betydligt högre avrinningskapacitet i jämförelse med sandjord (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Samlad fördröjning är en metod som är viktig för en hållbar dagvattenhantering (Svenskt vatten, 2011) och innebär en uppsamlingsplats som tar emot dagvatten från flera avrinningsområden (Stahre, 2006). Dessa kan anläggas som översilningsytor, men kan också utformas som dammar i parker eller andra grönområden (Sjöman & Slagstedt, 2015). Översilningsytor anpassas för att kunna ta emot stora mängder vatten från kraftiga och långvariga regn och utformas oftast som grönområden. Denna metod är effektiv i det lokala omhändertagandet av dagvattnet (Sjöman & Slagstedt, 2015). Översilningsytor i form av torrdammar har enbart vattenspiegel vid nederbörd och har som syfte att fördröja dagvattnet. Positivt med torrdammar är att de renar dagvattnet innan de leds vidare till nästa recipient. Dessa är även billiga att anlägga och behöver därför inte innebära en stor kostnad. Kostnaderna beror främst på hur skötseln kommer att se ut (Boverket, 2010). Till skillnad från översilningsområden har dammar en vattenspiegel året om (Stahre, 2006).

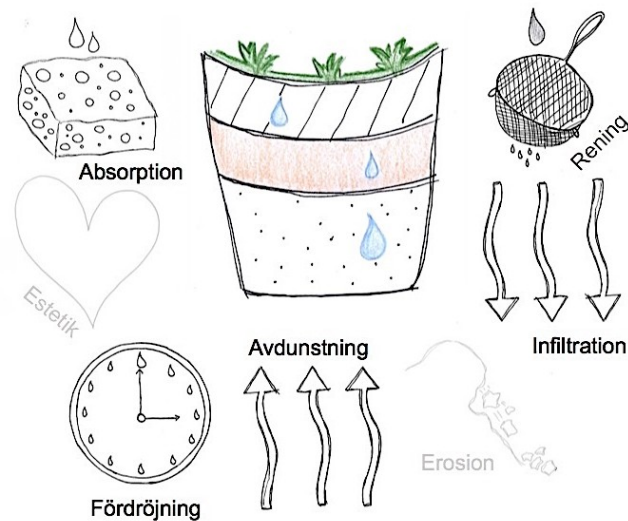
I urbana miljöer som domineras av hårdgjorda ytor behövs lokala dagvattenlösningar. Det finns ett flertal olika fördröjningsåtgärder att vidta. Gröna tak är en sådan metod och kan bestå av tunna moss- eller sedumtak såväl som tjocka växtbäddar med trädplanteringar. Gröna tak lämpar sig bäst för mindre regn och kan genom att anläggas ta upp hälften av den årliga årsnederbörden. Djupare bäddar kan ta upp hela 75% av årsnederbörden (Svenskt vatten, 2011). En fördel med gröna tak är att de kan anläggas både på befintlig och ny bebyggelse. För att kunna anlägga gröna tak krävs det dock att taken inte har för brant lutning och att taket klarar av tyngden av vegetation och växtbädd. Små regn absorberar de gröna taken helt och hållet, medan större innebär en fördröjning av vattnet och sedan avrinning till nästa recipient (Stahre, 2006). Ett alternativ till gröna tak är grusbetäckta tak som även de kan stå för en fördröjningsfunktion (Svenskt vatten, 2011). Gröna tak minskar belastningen på befintliga dagvattensystem under och ovan mark (Lönngren, 2001).

Dagvattnet som gröna tak inte kan ta upp måste omhändertas av omkringliggande recipienter på marknivå. Det kan handla om genomsläppliga ytor såsom gräs- och vegetationsytor eller tillfälliga översvåmningsytor. Det är vanligt att använda magasin som metod för dagvattenhanteringen och det finns flera olika varianter med varierande huvudsyften (Svenskt vatten, 2011).

Fördröjningsmagasin som anläggs i hårdgjord miljö innebär att lokala försänkningar skapas. Denna typen av magasin är användbar vid exempelvis torg och parkeringsytor. Magasinet förses med strypta utlopp och den maximala dämningssnivån måste anpassas till funktionen på ytan. Magasinet kan till fördel för dagvattenupptaget snabbt användas igen efter ett regnevent (Svenskt vatten, 2011). Öppna fördröjningsmagasin anläggs utefter platsens förutsättningar och kan därmed utformas på flera olika sätt. Magasinet används vanligast i parker eller i lekmiljö eftersom att de kan fungera multifunktionellt som en del av omgivningen såväl som dagvattenhanteringen. Öppna fördröjningsmagasin har ingen permanent spegel, vilket innebär att en vattenyta enbart bildas i samband med ett regnevent för att sedan försvinna när regnet avtar (Svenskt vatten, 2011). Många platser i tätbebyggda områden har begränsat utrymme och saknar därför plats för ovanstående lösningar. På dessa områden kan underjordisk fördröjning anläggas (Svenskt vatten, 2011).



Biofilter är också ett fördröjningsalternativ som kan användas i urbana miljöer. De har även andra viktiga egenskaper, bland annat; absorberande, avdunstande, erosionsskyddande och gynnande för biodiversiteten (Lindfors et al. 2014).



Figur 3: Svackdiken bidrar framförallt med fördröjning. Figuren visar alla de värden som fås ut av svackdiken. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

3.4.2 Infiltration

Det finns många olika strategier vid hanteringen av dagvatten men en gemensam nämnare för samtliga är genomsläpplighet. Genomsläppliga beläggningar tillåter dagvattnet att infiltreras till underliggande konstruktioner men kan också fungera som en metod i sig (Sjöman & Slagstedt, 2015). Det finns flera typer av dränerande beläggningar och några av dem är hålstén av betong, plastgitter, betongraster och permeabel asfalt (Lindfors et al. 2014). Singel är ett av de genomsläppliga material som kan fungera som en egen metod med syftet att fördröja och utjämna dagvatten, denna metod kan exempelvis användas på tak innan de avleds ner till en recipient på marknivå (Dagvattenguiden, n.d).

En viktig fördel som de icke permeabla ytorna har är att grundvattennivåsänkningen förhindras, sänkningen är annars en negativ effekt av hårdgjorda ytor (Lindfors et al. 2014). För att arbeta för grundvattennivån kan perkolationsmagasin anläggas. Denna typen av magasin används med fördel i jordarter som är sättningsskänsliga genom att den håller uppe grundvattenytan. Perkolationsmagasin används i regel dock inte med huvudsyftet att reducera dagvattenflöden eller där utjämning prioriteras. Magasinet används inte heller i täta jordarter eftersom att perkolationen går väldigt långsamt (Svenskt vatten, 2011).

En annan typ av strategi vid dagvattenhanteringen är användningen av infiltrationsmagasin, denna metod används främst där dagvattnet inte kan ledas ut till öppna grönområden. Infiltrations magasin anläggs som en grop täckt av geotextil som sedan fylls med grovt stenmaterial (Svenskt vatten, 2011). Stenbeläggningar och permeabel asfalt är båda bra alternativ för en hållbar hantering av dagvattnet. Det finns idag två typer av permeabel asfalt, varav den ena är gjord av genomsläppligt flerskiktets bärlager med avlopp i den nedre delen av vägsnittet. Den andra typen är porös asfalt (Stahre, 2006). Den porösa asfalten består av en blandning av både grovt stenmaterial och bitumen. Detta materialet används med fördel på parkeringsytor, gång och cykelvägar. På vägar med tyngre trafik tappas tyvärr den genomsläppliga förmågan som den porösa asfalten annars har. Beläggningen har en lång



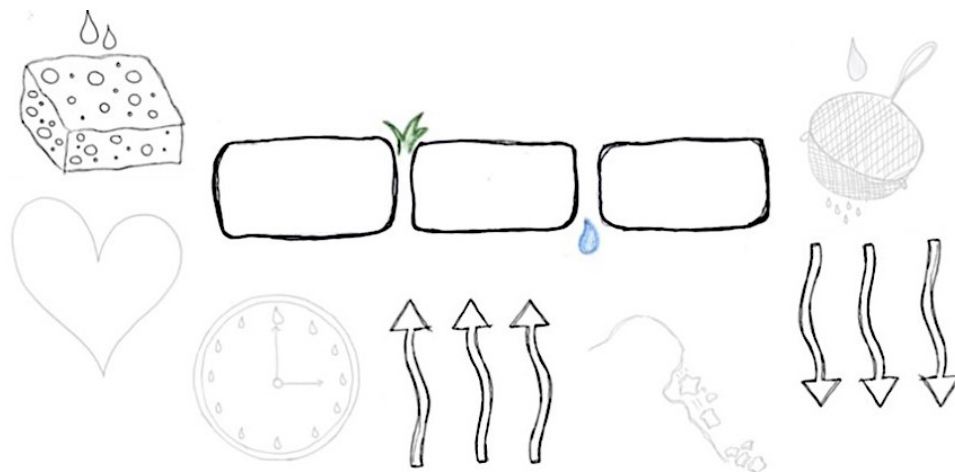


hållbarhet och fungerar därför utmärkt vid hanteringen av dagvattnet (Sjöman & Slagstedt, 2015). Stahre (2006) menar dock att det enbart är den övre delen av asfalten som är permeabel.

För att beläggningen ska tillföra någon nytta krävs det dock att hela överbyggnaden är permeabel så att inte vatten blir stående vid något skikt. Lerjordar innebär exempelvis en långsam infiltration och risken att vatten blir stående på ytan är därför hög. Områden som domineras av jordar med hög lerhalt kräver en större area eftersom infiltrationen är långsammare än för exempelvis en sandjord. En sandjord kan däremot innebära extremt torra perioder mellan regnen (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Till grönområden passar det bra att använda sig av träflis och grus som inte konkurrerar om vattnet (Sjöman & Slagstedt, 2015). Tack vare den genomsläppliga marken som växtbäddar står för kan dagvatten infiltreras istället för att rinna av (Stahre, 2006). Vegetationen är en viktig del i en hållbar dagvattenhantering då de har en hög kapacitet när det kommer till infiltration och upptaget av vatten. Vid val av vegetation är det viktigt att tänka på vilka markförhållanden platsen har, men framförallt hur dessa förhållanden ser ut mellan regnperioder. Markporer som snabbt blir mättade innebär att vatten kommer att bli stående, vilket i sin tur resulterar i en syrefattig levnadsmiljö för växterna (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Ett bra alternativ för urbana miljöer är skelettjordar som består av två tredjedelar stenmaterial och resterande är hålrum som delvis fylls av jord. Hålrummen gör det lättare för växters rötter att utvecklas och skapar syrerika förhållanden till skillnad från exempelvis lerjordar. Skelettjorden är även ett bra alternativ för vägar där belastning av trafik uppstår. Den fungerar bra för planteringar av träd eftersom att rötterna utvecklas betydligt bättre än i andra material. VA-ledningar får även färre rotintrång om skelettjord väljs som material i en växtbädd. Växtbädd används främst vid hårdgjorda ytor som kräver bärighet för fordon, eftersom att de inte ersätter vanliga växtjordar näringsmässigt (Sjöman & Slagstedt, 2015). Nackdelen med genomsläppliga ytor är att det finns utrymme för ogräs att växa mellan t.ex. fogarna och kan därför bli väldigt kostsamt eftersom att skötsel tillkommer. Det är inte heller funktionellt på platser där tung trafik dominerar (Stahre, 2006).



Figur 4: Genomsläpplig beläggning bidrar framförallt med infiltration. Figuren visar alla de värden som fås ut av genomsläpplig beläggning. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

3.4.3 Rening

Det har observerats allt mer att det förekommer föroreningar i dagvattnet och detta är ett uppmärksammat miljöproblem. De recipienter som tar emot dagvatten från städerna utsätts för



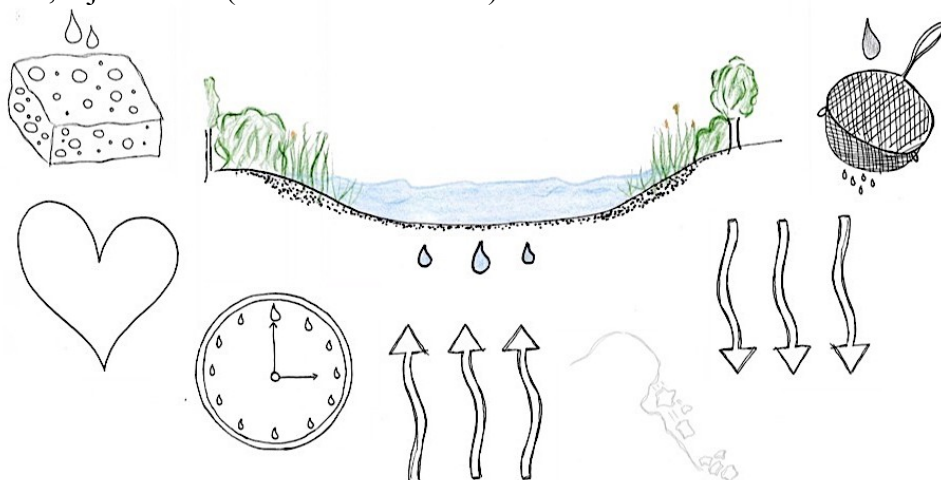


risker då det förekommer förhöjda halter av tungmetaller, polyaromatiska kolväten, salter, näringsämnen och mikroorganismer. Hanteringen av dagvatten blir allt viktigare för att möta dagens krav och många tekniker har utvecklats för behandling av dagvatten. En del av dessa anläggningar är inriktade på just rening (Blecken, 2016).

Dammar är anläggningar som ursprungligen är avsedda för rening. Om de dimensioneras, utformas och underhålls på rätt sätt kan de uppnå en hög reningsgrad. Avskiljning av partikelbundna föroreningar är en av de viktigaste reningsprocesserna i en damm (Blecken, 2016). Med hjälp av fysisk, kemisk och biologisk aktivitet är målet för ett biofilter att efterlikna naturens sätt att omhänderta och rena dagvatten (Fridell, 2017). Biofilter har en god förmåga att rena dagvatten från fosfor, men är inte lika effektiva när det kommer till kväve. För att uppnå kväverening krävs det att delar av biofiltret har syrefria förhållanden, genom att utrusta anläggningen med vattenlås kan detta uppnås (Lindfors et al. 2014). Filtrets förmåga att rena lösta metaller kan variera men är för det mesta är de bättre än många andra anläggningar. Svackdiken är en mycket enkel anläggning och fungerar inte som ett fullständigt reningssystem. Det kan däremot genom sedimentering fungera som förbehandling för andra reningssteg (Blecken, 2016). Växterna i svackdiken bidrar också med positiva egenskaper och rening är en av dem (Lindfors et al. 2014).

Enligt Lindfors (2014) har den biologiska processen en stor renande effekt; alger, bakterier och organismer renar vatten, alg tillväxten i vatten minskas genom att närliggande vegetation skuggar, närsalter tas upp av växter, vissa växter ger ifrån sig bakteriedödande ämnen via rötterna och adsorption på filtermaterial såsom markpartiklar. Grönytor fungerar som en bra metod när det kommer till rening av dagvatten (Svenskt vatten, 2011). Dessutom tillgodoser vegetation förutom dagvattenrelaterade ekosystemtjänster bland annat reduktion av värmeö-effekten och filtrering av luftföroreningar (Niemelä, 2011). Träden påverkas mycket av de föroreningar som släpps ut från trafik och industrier. De kan reagera på många olika sätt beroende på vad det är för typer av föroreningar. En del av de föroreningarna kan träden ta upp genom klyvöppningar (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Genomsläppliga beläggningar har fördelen att dagvatten renas genom infiltration (Lindfors et al. 2014). Filtermagasin är en typ av magasin som används för rening av dagvatten från bostads- och industriområden. I detta system avskiljs sediment, näringsämnen, skräp, tungmetaller, organiskt avfall, olja och fett (Lindfors et al. 2014).



Figur 5: Dammar bidrar med rening. Figuren visar alla de värden som fås ut av dammar. Illustration av Felicia Wendel, 2017.





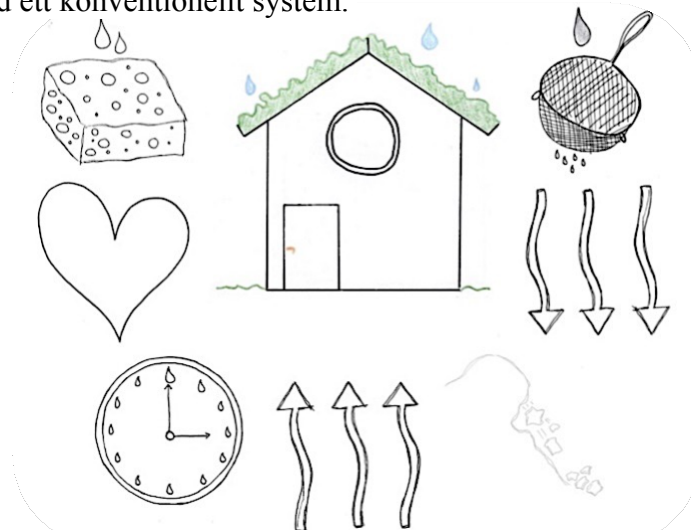
3.4.4 Absorbering & avdunstning

Hållbara dagvattenytor ska till fördel ha en god absorptionsförmåga. Grönytor är särskilt lämpade för områden där absorption önskas (Svenskt vatten, 2011). Vegetationen har en viktig del i en hållbar dagvattenhantering då växter har en hög kapacitet vid upptaget av vatten. Valet av växter är av stor vikt för att få en långsiktigt hållbar lösning, fel val kan leda till att syftet med konstruktionen inte uppnås (Svenskt vatten, 2011). Buskar och perenner fångar upp vatten via blad- och grenverk och tillför precis som annan vegetation en jämnare vattenbalans. Absorption av regnvatten och transpiration är exempel på faktorer som gynnar vattenbalansen (Niemelä, 2011).

Enligt Sjöman & Slagstedt (2015) kan träd uppta en betydande mängd vatten. Förutom det vatten som trädens rötter kan ta upp tas precis som för tidigare nämnda buskar och perenner även trädens blad- och grenverk upp vatten. I urban miljö får trädens rötter oftast för lite vatten och drabbas därmed av torkstress. Träd behöver mycket vatten och kan därför bidra till att se dagvatten som en resurs. Genom att förhindra torkstress hos träd kan rubbning av energibalansen i staden undvikas. Energibalansen bidrar nämligen effektivt för nedsänkningen av mark- och lufttemperaturen när träden genomgår evapotranspiration (ibid.).

Genom att leda dagvattnet till befintliga träd kan det omvandlas till en resurs. Urbana träd får oftast ytterst lite vatten (Sjöman & Slagstedt, 2015).

Vid nyplanterad vegetation är det viktigt att tänka på att de inte har samma förmåga att hantera dagvatten och att fungera som temperaturreglerare som fullt utvecklade individer har (Boverket, 2010). Det är också viktigt att utvecklingen och etableringen fungerar som det ska för att säkerställa en hållbar dagvattenhantering (Sjöman & Slagstedt, 2015). Detta gäller givetvis för alla grönområden, som i stadsmiljö kräver god planering och kunskap för att klara av den hårda växtmiljön som en urban miljö innebär (Svenskt vatten, 2011). Till dagvattenanläggningar krävs det att växterna klarar av varierande förhållanden av stående vatten och torka. De absorberande effekterna som växterna tillför dagvattenmetoder kallas för interception. Med interception menas växters upptag av nederbörd via gren- och bladverk. Örter och gräs kan ha en interception på 25-30% av den totala årsnederbörden. Trädens interception kan variera kraftigt beroende på art och kan skilja sig med upp till 50%. En betydande mängd av vattnet avdunstar sedan utan att nå ner till marken (Sjöman & Slagstedt, 2015). Enligt (SMHI, 2017d) så minskar mängden dagvatten med 10% genom avdunstning från öppna dagvattenytor och växter jämfört med ett konventionellt system.



Figur 6: Gröna tak bidrar med absorption och avdunstning. Figuren visar alla de värden som fås ut av gröna tak. Illustration av Felicia Wendel, 2017.

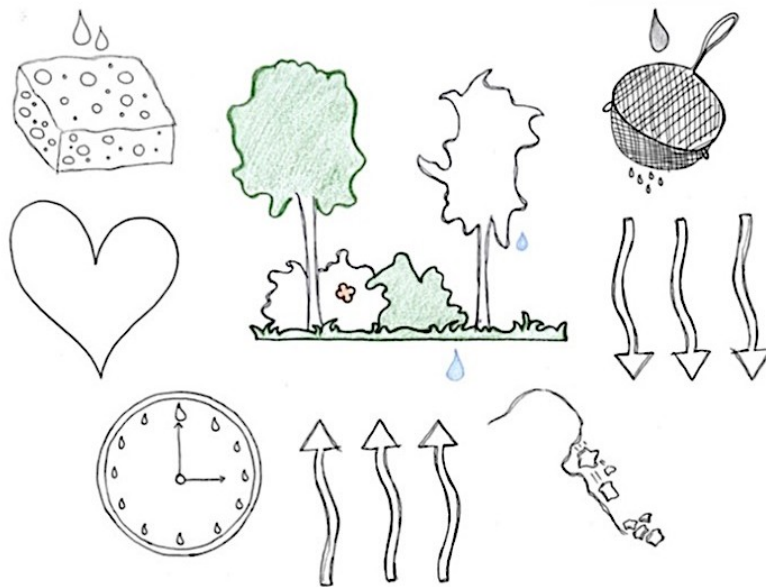


3.4.5 Erosion

Erosion är en naturlig process som ständigt pågår, det som sker är en nednötning och transport av jordmaterial och berg. Processen kan variera, i vissa fall tar det lång tid och emellanåt sker det under häftiga förlopp. Mark som inte har ett naturligt vegetationstäckes är betydligt mer utsatt än jord som binds av vegetation (Rydsberg, 2012). När naturmark bebyggs avlägsnas eller förändras den vegetationen som finns på platsen och detta kan medföra förändring av de hydrologiska förutsättningarna och ökad risk för erosion. Vegetation har en fantastisk förmåga att binda samman jord som är erosionsdrabbad, vegetationen stabiliserar och håller samman jordlagren. I de flesta öppna dagvattensystem används växter och med hjälp av deras förmåga reduceras risken för erosion (Boverket, 2010).

Örter och gräs minskar risken för yterrosion. Vid planerandet av dagvattenhanteringen bör nämnas att även träd spelar en stor roll. Träd stabiliserar jorden så att erosionsrisk på djupare grund minimeras (Sjöman & Slagstedt, 2015). Även svackdiken har en förmåga att motverka risken för erosion om det utformas på ett korrekt vis. Diket bör utformas med ett trapetsformat eller paraboliskt tvärsnitt snarare än v-format och på så sätt minskar risken för erosion och diket ger en mer renande effekt (Rydsberg, 2012).

I utformning av biofilter så placeras ett erosionsskydd och makadamvall vid inloppet, detta minskar inflödes hastigheten och erosion. Rötterna i biofiltret gör så att erosionsrisken minskar och de stabiliserar även växtsubstratet (Lindfors et al. 2014). När det gäller genomsläpplig mark så är det markunderlaget samt växtrötter som motverkar erosion och stabiliserar slänter och mark (Lindfors et al. 2014).

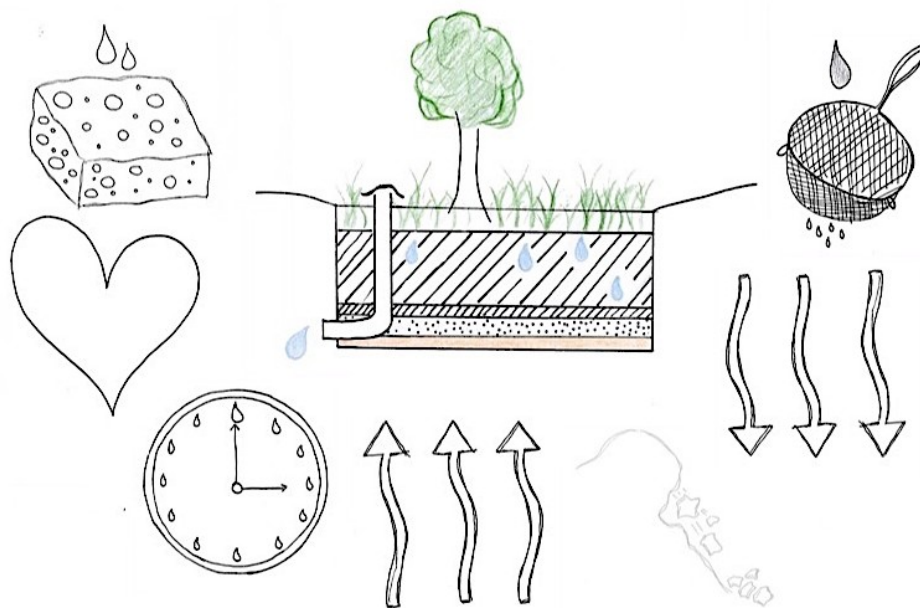


Figur 7: Vegetation minskar risken för erosion. Figuren visar alla de värden som fås ut av vegetation. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.



3.4.6 Estetiska och sociala aspekter

Vegetationen i de öppna dagvattensystemen som används i dagens samhälle bidrar förutom dagvattenrelaterade ekosystemtjänster till förbättring av landskapskvaliteten och den mentala och psykiska hälsan hos människor (Niemelä, 2011). Stadens uppbyggnad har stor betydelse för människans välmående och vegetation är en av de faktorer som spelar stor roll (Nilsson, 2016). Vid nybyggnation är grönstrukturen i närområden viktig att tänka på, det bidrar till både estetiska och sociala aspekter (Boverket, 2010). Allmänna gator och torg har stor betydelse i våra städer, här kan utformningen vara avgörande för invånarnas rekreativsmöjligheter och livskvalitet. De som inte själva äger en trädgård söker sig ofta till närliggande parker och andra grönområden, vilket är betydelsefullt för vårt välmående (Boverket, 2010). Träden i våra städer bidrar till många sociala funktioner och värden. De bjuder exempelvis på variation under de olika årstiderna och är ett bra stadsbyggnadselement (Sjöman & Slagstedt, 2015). Gröna tak, dagvattendammar och biofilter är öppna dagvattensystem som vi integrerar i våra städer. Gemensamt för dessa är växtlighet och andra mervärden såsom vatten, och genom att anlägga dessa system tillförs många estetiska och sociala aspekter till våra städer (Stahre, 2006).



Figur 8: Biofilter bidrar med estetik och välbefinnande.
Figuren visar alla de värden som fås ut av biofilter.
Illustration av Felicia Wendel, 2017).



KAPITEL 4 FÄLT- OCH FALLSTUDIER



KAPITEL 4



4 Fält-och fallstudie

4.1 Fältstudie, Murcia, Spanien

Som tidigare har nämnts i detta arbete lever vi i ett klimat i förändring (Kjellström, 2013). Enligt Boverket (2010) kommer klimatet i södra Sverige att likna Frankrikes och Spaniens nuvarande klimat.

Det spanska klimatet är fullt av kontraster, med skyfall och perioder av lång torka. Under dessa förhållanden är vattenförvaltningen viktig. Fram till slutet av 1900-talet hamnade Spanien efter med vattenförvaltningen och utvecklingen av lagstiftningen jämfört med andra mer utvecklade länder. Numera görs stora ansträngningar för att hantera situationen och förbättra både vattenförvaltningen och lagstiftningen för att hantera de två största problemen i samband med dagvattenhanteringen i städerna: översvämningar och diffus förorening. I detta sammanhang var hållbara

dagvattensystem lösningen på dessa problem. Dessa tekniker studerades i början på 1970-talet i USA, men det var först 1993 när University of Cantabria och CLABSA (företag som sysslar med planering, utveckling och drift av avloppsnätet i Barcelona) började undersöka lösningar för dagvattenhantering som Spanien fick upp ögonen för denna typ av lösning. Efter 20 år av forskning och tillämpning, är Spanien fortfarande efter andra länder i utvecklingen av hållbar dagvattenhantering. Trots ansträngningarna för att förändra denna situation genom University of Cantabrias med tio års erfarenhet av dessa tekniker, främst när det gäller genomsläppliga trottoarer (Castro-Fresno et al. 2013).

Murcia, där fältstudien har ägt rum har en årlig nederbörd på ungefär 350 mm, och är en av de torraste och mest vattenstressade platserna i Europa. Regionen Murcia arbetar starkt med avancerade teknologier för att rena havsvatten till dricksvatten och bevattning. Regionen jobbar ständigt med att lösa de problem som Murcia innehåller tillsammans med kommun och invånare. Murcia har mycket erfarenheter av vattenbrist och har därmed ansträngt sig mycket för att bli så vattneffektiva som möjligt. Trots det krävs ett större initiativ för att kunna lösa problemet med garantin och tillförlitligheten när det gäller vattenförsörjningen (Perales-Momparler et al. 2016).

Regnbäddar som infiltrationsmagasin, diken och gröna tak är några strategier som ökats i regionen och har visat på att ha en god hydraulisk prestation för ett typiskt medelhavsklimat, dessutom har strategierna förbättrat vattenkvaliteten (Perales-Momparler et al. 2016).



Figur 9: Karta över Spanien, som visar Murcias läge (Vattenatlas, 2017).

4.1.1 Platsbesök





Figur 10: Grönområde i Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Detta är en av de många grönområden i staden Murcia, som kan användas som en multifunktionell yta. På ytan finns lågstråk där vatten kan samlas och är stor nog att fungera som en översilningsyta som kan ta emot vatten från flera avrinningsområden. Översilningsytor kan i linje med Murcia stads vision rena dagvattnet från föroreningar (Boverket, 2010; Perales-Momparler et al. 2016). Platsen bidrar även med estetiska värden till staden.



Figur 11: Växtbädd i Parque Isaac Peral, Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Parkerna i staden domineras av konstruktioner som liknar den i figur 11. Gångbanan separeras från växtbäddarna med generös plats för rötter och infiltrationsyta för vatten. Det vatten som inte infiltreras i den genomsläppliga ytan leds ner mot en brunn, ofta i slutet av konstruktionen.





Figur 12: Upphöjd växtbädd längs med trottoaren i Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Flera esplanader i staden består av stora upphöjda växtbäddar. Dessa erbjuder förutom gott om plats för trädens rötter också en fördröjningsplats för dagvatten. En del av de upphöjda växtbäddarna är försedda med vegetation och även den tar upp en del av dagvattnet.



Figur 13: Upphöjd växtbädd längs med trottoaren i Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Det finns generöst med gröna ytor i stadens urbana delar. Små såväl som stora gröna rum kan hittas på överraskande många ställen i staden. Eftersom Murcia är en av Europas torraste och mest vattenstressade platser (Perales-Momparler et al. 2016) kan det tänkas att dessa anlagts för en temperaturreglerande effekt, men också som fördröjningszoner för dagvatten.

Figur 14: Generösa grönytor i centrala Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Figur 15: Damm med funktion som översvämningszon. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Här är ett exempel på en översvämningszon i form av en damm. Stenarna på bilden motsvarar den del som finns till godo för möjlig översvämning vid skyfall.



Figur 16: Trampstenar som leder över dammen. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Trampstenar i dammen gör platsen multifunktionell och skapar ett estetiskt värde i staden.

I linje med Murcia stads vision, om att anlägga flera gröna tak som en hållbar dagvattenhantering, kan gröna tak skymtas på flera ställen runtom i staden (Perales-Momparler et al. 2016). De gröna taken fungerar som en fördröjning av dagvattnet nära källan och avlastar de dagvattenssystem som finns på marknivå (Lönngren & Svensk byggtjänst, 2001). Taken tillför även estetiska värden till staden.



Figur 17: Grönt tak i centrala Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Figur 18: Träd planterat i nedsänkt växtbädd. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Figur 19: Träd längs med trottoaren. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

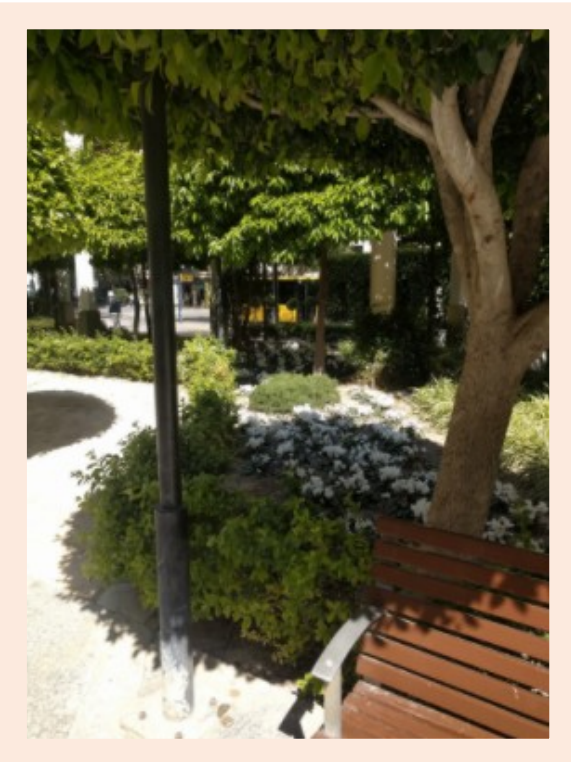
De många träd som finns planterade runtom i Murcia har nedsänkta växtbäddar/trädgropar som troligtvis fungerar som mindre fördröjningszoner, på vänstra bilden syns en översvämmad bädd. Under fältstudien noterades det att en brist på brunnar med inlopp för vatten finns i staden, därav påståendet att trädgroparna agerar fördröjningszon med infiltration för överflöd av vatten. De breda gångbanorna lutar ner mot samtliga nedsänkta växtbäddar.



Figur 20: Trädgrop som täcks med permeabel asfalt. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 20 visar en typ av trädgrop som sågs på många ställen i centrala Murcia. Trädgropen är täckt av permeabel asfalt för att tillåta vattnet att infiltreras.





Figur 21: Nedsänkta växtbäddar. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.
Platsen på bilden är belägen mitt i tätorten, den omringas av byggnader och tung trafik och fungerar som en mångfunktionell yta. De öppna ytorna består av mycket växtlighet och genomsläpplig mark och kan på så sätt ta emot delar av nederbörden. Ytan har även en fördröjande och renande funktion och bidrar till nedkylning av staden. Nedsänkta rabatter agerar troligtvis fördröjningszoner för dagvatten.

Segurafloden rinner genom Murcia och är den plats dit det mesta av ytvattnet i staden leds innan det rinner vidare ut i havet. Till Segurafloden ansluts meandrande kanaler från ett flertal platser runtom i Spanien.



Figur 22: Segurafloden som sträcker genom Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Figur 23: Embalse de santomera är en av Murcias många anlagda dammar. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Embalse de santomera är en av de många anlagda dammarna som har en fördämningsfunktion och ligger i den nordöstra delen av regionen Murcia. Dessa är anslutna till Segura floden som tillslut når havet på Spaniens sydöstra kust. Budget för projektet var 175.922,05 euro. Projektet leddes av Spaniens regering, ministeriet för miljö och landsbygdsmiljö och havsfrågor samt segura river basin authority (Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente, 2017).

4.1.2 Sammanfattning

I samband med vår fältstudie i Murcia, en av Spaniens största städer, har vi noterat att stor vikt läggs på grönytor. Vidare noterades att gröna tak är en återkommande dagvattenmetod som används flitigt. Öppna dagvattenlösningar används framför underjordiska, där exempelvis nedsänkta bäddar används i större utsträckning än brunnar som annars kan vara dominerande i städer. Multifunktionalitet är något som tycks prioriteras vid planerandet av stadens trånga ytor. Under fältstudien sågs även dagvattenlösningar som översilningsytor, tillfälliga översvämningszoner och permeabla ytor. Öppna kanaler eller liknande sågs inte leda till Segurafloden som rinner genom staden. För att vatten ska ledas till Segurafloden verkar det därför som att underjordiska konstruktioner används. Utöver de dagvattenlösningar som sågs under fältstudien kan konstateras att växtligheten i staden är välmående med sitt gröna intryck. Inga självklara dagvattenlösningar upptäcktes mer än de många gröna taken, istället fick slutsatser dras om potentiella metoder. Svårigheterna att förutspå huruvida staden klarar av att hantera extrema skyfall gör att det blir svårt att använda studien när det kommer till dagvattenhanteringen för det framtida svenska klimatet. Däremot visar fältstudien på en effektiv användning av tillgängligt vatten.





4.2 Fallstudie, Sponge Cities, Kina

Extrema väder, rikligare nederbörd och den ständiga exploateringen är några av de faktorer som påverkat Kina att ta till nya åtgärder. Åtgärderna innebär att tänka om vad gäller den urbana miljön; hur den är designad och hur den kan fungera med hjälp av resursen vatten. Ingenjörer tittar på hur den naturliga källan, vatten, kan hanteras till fördel för landet (Zevenbergen, 2016).

Befolkningen i Kina flyttar allt mer till tätbebyggda områden. Av totalt antal invånare bor 54 % i urbana områden. Den ökade mängden människor som flyttar till de urbana områdena har lett till att konstruktioner under mark överbelastas till följd av de snabbt ökade hårdgjorda ytorna som dominerar ovan mark. Ytterligare har de platser som räknas till öppna dagvattensystem inte hanterats på rätt sätt och är därför inte funktionella att fylla syftet; hanteringen av dagvatten. Den globala uppvärmningen har lett till både vattenbrist och översvämningar som i Kina räknas som en av de största naturliga faror som drabbar landet (Zevenbergen, 2016).

För att Kina ska kunna ta itu med sina vattenrelaterade problem har den Kinesiska regeringen lanserat "Sponge Cities" (Kingdom of Netherlands, 2016). Det var först 2013 vid Kinas regeringskonferens om urbanisering som president Xi Jinping presenterade ett nytt sätt att tänka kring dessa problem och förklarade då att städer skulle fungera som svampar (Shepard, 2016).

Begreppet "Sponge Cities" innebär att leda bort regnvatten, men också återanvända det. För att åstadkomma detta ska förbättrad infiltration, evapotranspiration och dagvattenomhändertagande metoder tillföras i städerna (Zevenbergen, 2016). För att undvika onödiga kostnader ska utförandet i så stor utsträckning som möjligt försöka undvika rivningar av konstruktioner i större skala. I linje med "Sponge Cities" visionen lyfts befintlig relevant infrastruktur och kapaciteten för att ta upp regn från byggnader ska höjas. Expansion av uppsamlingen och renandet av vattnet samt användningen av vatten från vägar och torg kommer att utföras genom att bland annat anlägga permeabla ytor på cykelvägar, trottoarer, parkeringsytor och torg. Detta avlastar ledningssystemen under mark. Annat fokus är att restaurera ekosystemet genom att anlägga gröna bälten i parker. I linje med visionen kommer våtmarker att anläggas för att höja "Sponge City" funktionen. Befintliga såväl som nyanlagda dammar, sjöar och våtmarker i städer kommer att skyddas för att vidmakthålla ett långsiktigt hållbart system. Ett tydligt fokus kommer också att ligga på att skapa och bevara biodiversitet i städer (Xiujian, 2016).

Satsningen gjordes i 16 urbana områden 2015 och 14 under 2016, städerna agerar pilot för resterande städer i Kina (Zevenbergen, 2016). Alla pilotstäder måste fullfölja uppdraget 2017 (Leach, 2016). Yuelai New City Chongqing var en av de 16 "Sponge City" städer som Kina valde att satsa på 2015 och är en av de mest växande och framstående. Staden ger ett grönt intryck med sina skogsbestånd och permeabla parkeringsplatser som omfattas av växtbäddar, med buskar som skiljer varje parkeringsplats istället för målade linjer. En stad av Sponge City karaktär fungerar som bäst om det genomförs i hela stadsområdet. Det kommer inte ge den effekt som vill uppnå om exempelvis en genomsläpplig yta anläggs på en enstaka plats (Shepard, 2016). För att projektet ska fungera i samtliga städer gäller det att den lokala hydrologin och klimatet tas till hänsyn (Leach, 2016).

Genomsläpplighet, restaurering, rening, användning och dränering är målen för att reducera den maximala inverkan på ekosystemet i staden. 2020 ska 20% av städerna vara utrustade med





moderna avloppssystem och infrastruktur som tillåter effektiv absorbering av vatten. 2030 ska 80% absorbera vatten (Xiujuan, 2016). Resultaten från städerna har hitintills varit mycket positiva. Tester har utförts i några av städerna och enligt forskare har 85% av avrinningen från nederbörden kunnat kontrolleras när det gäller översvämningar. Värmeö-effekten har genom den hydrauliska konduktiviteten och växtlighet motverkats i städerna, luften har kylts ner med 2-3 grader (Shepard, 2016).

Trots att satsningen ses som en positiv förändring så finns det även de som är negativa mot idén. Investerare menar att ekonomin kommer att påverkas negativt. Dock är det antalet människor som dör som en följd av översvämningar en större förlust enligt Leach (2016).

4.2.1 Storskaliga exempel

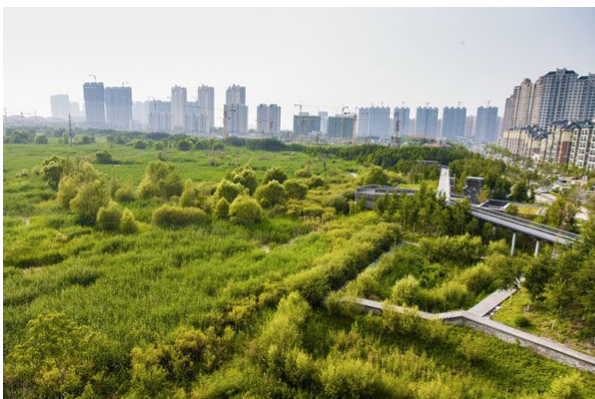


Figur 24: Sanlihe Greenway (Turenscape, 2017).



Figur 25: Hebei markerat på karta över Kina (Vattenatlas, 2017).

Projektet Sanlihe Greenway är exempel på en innovativ lösning som stod klart redan 2010 innan "Sponge Cities" blev officiellt. Sanlihe Greenway är beläget i Qian'an City, Hebei, Kina och uppfyller en hel del kriterier som "Sponge Cities" står för. Strategier inom avlopp och ekologisk restaurering var centrala i projektet. I dagvattenperspektiv så separerades avloppsvatten från dagvatten. För att forma landskapet användes organisk avfall/sopor från närliggande hushåll (Antipa, 2015).



Figur 28: Qunli Stormwater Park (Turenscape, 2017).



Figur 29: Qunli New District, Haerbin City, Heilongjiang provinsen markerat på karta över Kina (Vattenatlas, 2017).

Projektet Qunli Stormwater Park är beläget i Qunli New District, Haerbin City, Heilongjiang provinsen och är hela 20 hektar stort. Projektet blev klart redan i December men visar på flera kvaliteter som "Sponge Cities" står för. Xixian International Culture & Education Park är ett stort projekt som ligger i linje med "Sponge City" applikationerna (Phyo et al. 2015).





Figur 26: Yanweizhou Park (Turenscape, 2017).

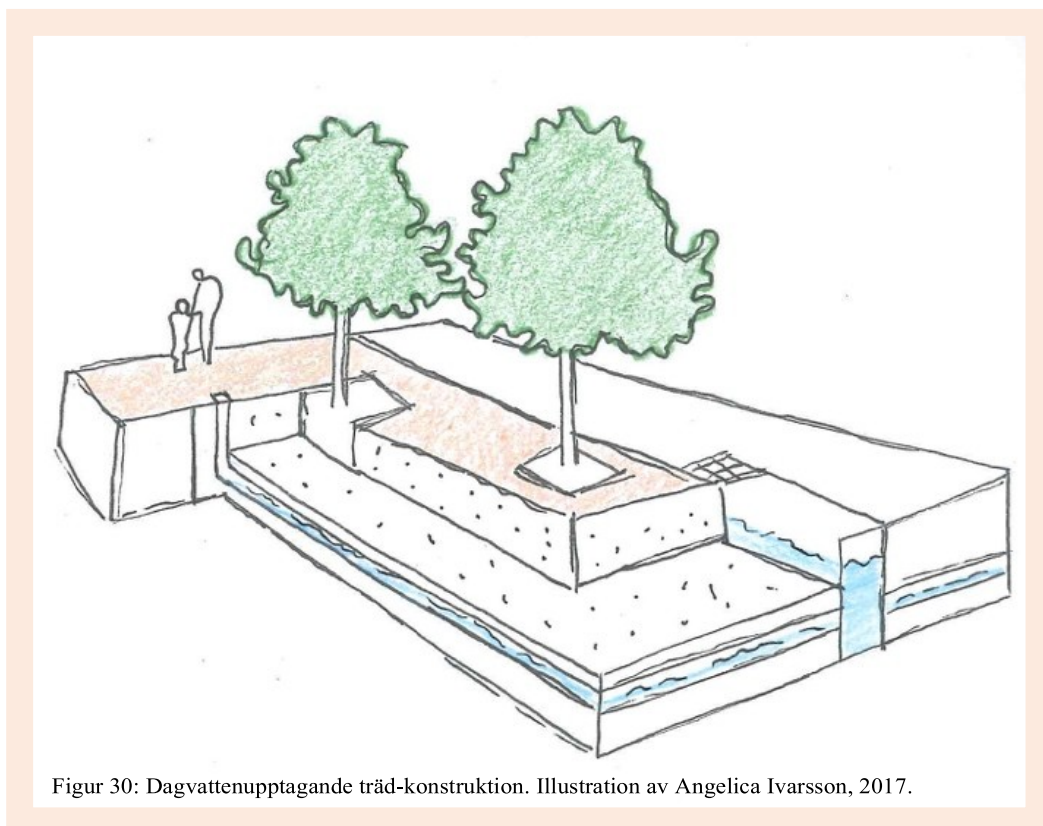


Figur 27: Jinhua City, Zhejiang provinsen markerat på Karta över Kina (Vattenatlas, 2017).

Våtmarksparken Yanweizhou Park är en dagvattenlösning som hanterar de översvämningar som Kina periodvis har. Parken är byggd med miljön i åtanke och stod klar 2014. Våtmarksparken ligger i Jinhua City, Zhejiang provinsen. Ytan fungerar som en övergång för gångtrafikanter och är uppskattat av många där ca 40.000 använder bron dagligen.

4.2.2 Specifika exempel

Ett sätt att omhänderta dagvattnet i linje med "Sponge City" visionen är att skapa dagvattenupptagande trädkonstruktioner. Perforerade rör leder och fördelar vatten till lagringsplatser i konstruktionen och överskottsvatten kan sakta ledas vidare till avlopp. Träden står för en del av vattenupptaget via interception (Gaines, 2016).

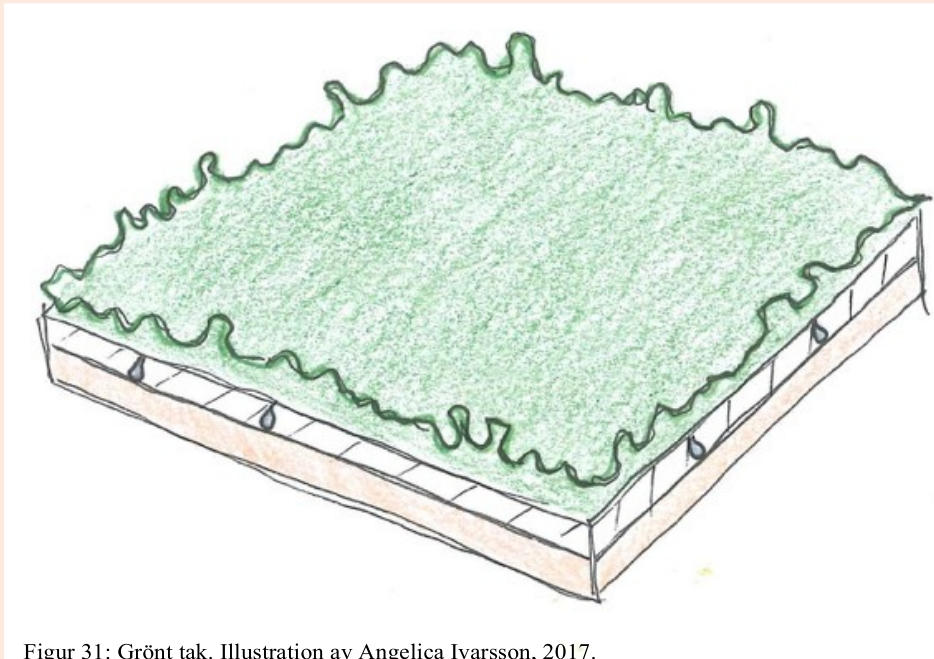


Figur 30: Dagvattenupptagande träd-konstruktion. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.



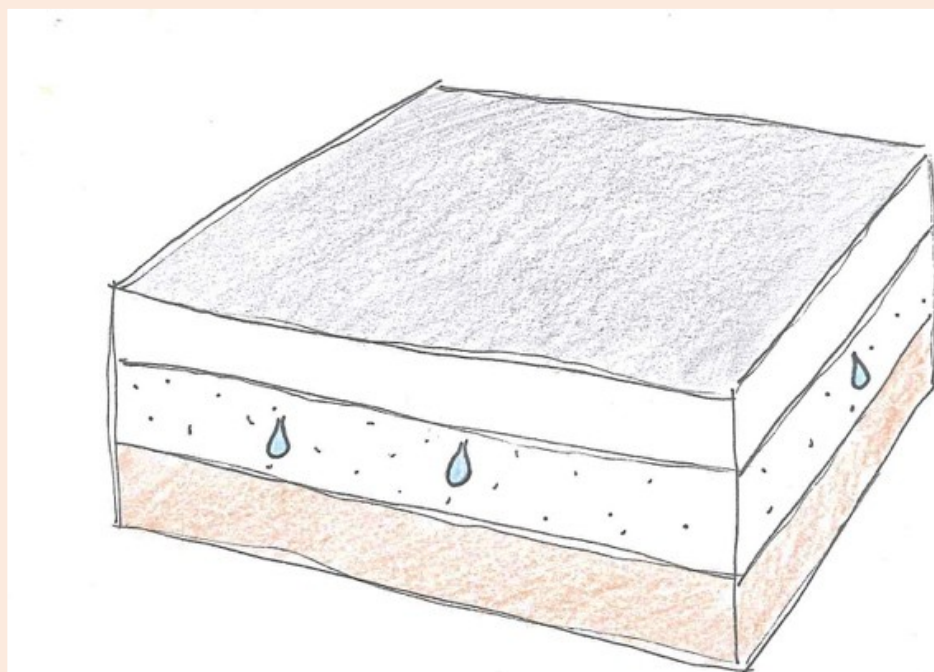


Gröna tak fångar upp regnvatten via växter och jord, en del försvinner via evaporation och resten fördröjs innan det når avloppen (Gaines, 2016).



Figur 31: Grönt tak. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

För att minimera effekten av stadens hårdgjorda ytor, anläggs genomsläppliga beläggningar. Dessa fördröjer vattnet genom en långsam infiltration (Gaines, 2016). Den genomsläppliga beläggningen minimerar den höga avrinningskapaciteten.

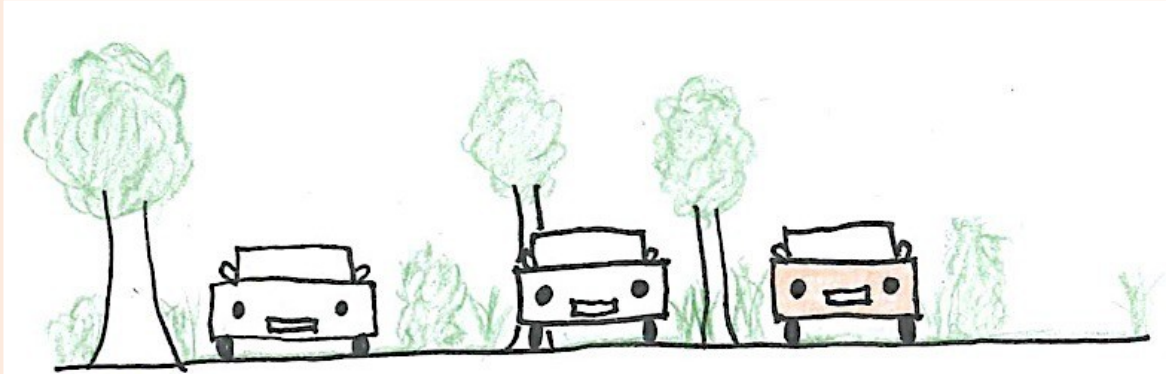


Figur 32: Genomsläpplig beläggning. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.



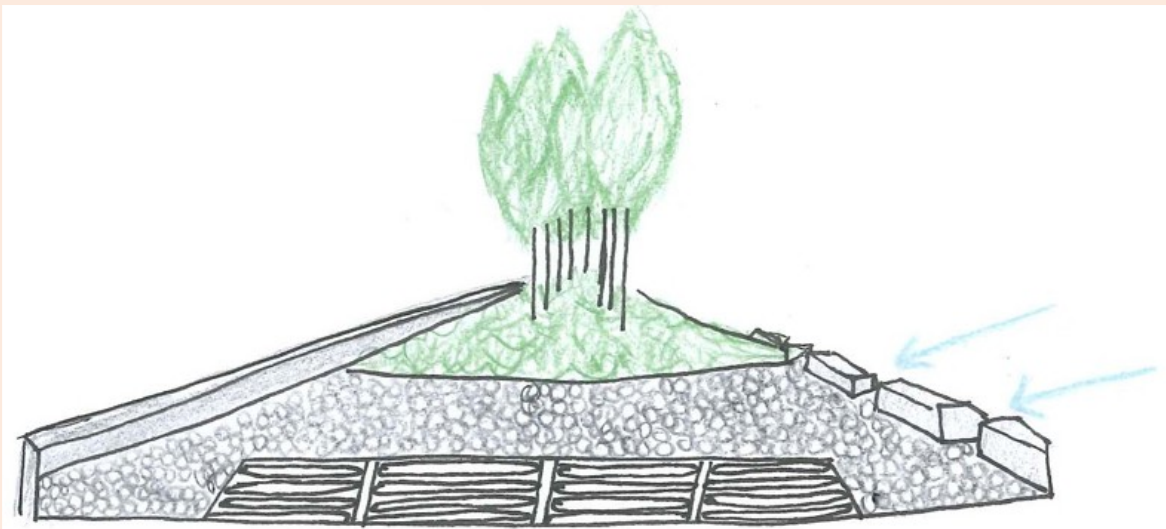


I Yuelai New City, Chongqing kan flera "Sponge Cities" anläggningar hittas. Ett av dessa är denna parkeringsplats där de färgade linjerna på marken bytts ut mot växtbäddar (Shepard, 2016).



Figur 33: Parkeringsplats med vegetation. Illustration av Felicia Wendel, 2017.

I Xi Xian har denna typ av biofilter anlagts intill vägen för att ta emot den nederbörd som faller på vägen och gångbanan intill. Anläggningen består av varierande genomsläpplig beläggning i form av gräsytor och småsten. Längs med den ena sidan mot vägbanan finns gatstenar med stora mellanrum så att vattnet enkelt kan rinna in till biofiltret. En brunn finns i anläggningen för att brädda det vatten som inte hinner infiltreras (Xiujuan, 2016).



Figur 34: Parkeringsplats med vegetation. Illustration av Felicia Wendel, 2017.



4.2.3 Sammanfattning

Genom fallstudien av "Sponge City"-konceptet har ett nytt sätt att tänka kring hanterandet av dagvatten studerats. För att ta itu med de vattenrelaterade problemen, framförallt i form av översvämningar har flera av Kinas städer gått med i denna satsning. Projektet innebär storskaliga lösningar och mycket pengar är inblandat. Visionen för projektet är att leda bort regnvattnet, men också att återanvända det. Infiltration, evapotranspiration och dagvattenomhändertagande metoder är det som satsas på för att uppnå denna vision. Många olika dagvattenlösningar har använts i projektet och likaså utformningar. Precis som i Murcia är ambitionen att använda vattnet på ett effektivt sätt, där många olika dagvattenlösningar finns runtom i Kinas utvalda "Sponge City" städer. Fallen, Kina och Spanien, skiljer sig främst i skala. Storsatsningen i Kina kan vara svår att överföra till Sverige där aktörer, ekonomi och redan befintliga system är potentiella hinder. För att möjliggöra en liknade satsning bör ett stort engagemang och eventuell lagstiftning införas.

4.3 Sammanfattning av fall- och fältstudier

Figur 35: Tabell med sammanfattning av fall- och fältstudier. Upprättad av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

STRATEGI	GEOGRAFISK PLATS	UTFALL
Nedsänkta trädgropar tillåter överflödigt trottoarvatten att infiltreras	Murcia	Trädgropens jordskikt utgör en plats för fördröjning och rening av dagvatten. Även träden står för upptaget av vatten (Sjöman & Slagstedt, 2015).
Del av gata används som biofilter	Kina, Murcia	Biofilter fördröjer och renar dagvatten (Fridell, 2017). Biofilter gynnar dessutom biodiversiteten (Lindfors m. fl., 2014). Utöver detta skapas estetiska värden i staden (Sjöman & Slagstedt, 2015).
Gröna tak på flertalet platser i staden	Kina, Murcia	Gröna tak ger en temperaturreglerande effekt såväl som en fördröjande effekt av regnvatten, där 50% av årsvolymen tas omhand (Svenskt vatten, 2011).
Flertalet anlagda grönområden i staden	Kina, Murcia	Grönområden kan användas som översilningsytor där stora mängder vatten kan fördröjas. Dessa kan även ha en temperaturreglerande effekt och fungera multifunktionellt där lek och estetik ingår (Sjöman & Slagstedt, 2015).
Stor mängd träd anlagda i staden	Kina, Murcia	Träd i urbana miljöer får oftast för lite vatten, dagvatten kan därför med fördel ledas till dessa. Träden har också en temperaturreglerande effekt och förser staden med skugga (Sjöman & Slagstedt, 2015). Estetik och välbefinnande värden fås även ut av planterade träd (Niemelä, 2011).
Permeabel asfalt täcker trädgrop	Murcia	Den genomsläppliga beläggningen tillåter infiltration av dagvatten (Stahre, 2006). Porös asfalt kan också ha en skyddande effekt från skador på trädens rötter.
Damm med vattenspegel som tillåter viss översvämning	Kina, Murcia	Dammar har en renande effekt på dagvattnet och har en temperaturreglerande effekt (Stahre, 2006). Även biodiversitet och estetik kan fås utav anlagda dammar i städer (Xiujuan, 2016).
Permeabel beläggning på trottoarer	Murcia	Genomsläppliga beläggningar bidrar till infiltration, vilket i sin tur ger en fördröjande effekt (Stahre, 2006).
Växtbäddar separerar parkeringsplatser	Kina	Vegetationen och filtrerande jord bidrar till rening, temperaturreglering, fördröjning och estetiska värden (Sjöman & Slagstedt, 2015).
Genomsläpplig beläggning på parkeringsplats	Kina	Genomsläppliga beläggningar bidrar till infiltration, vilket i sin tur ger en fördröjande effekt (Stahre, 2006).
Dagvattenupptagande trädkonstruktion	Kina	Trädkonstruktionen står för följande; fördröjande, temperaturreglerande, renande och estetiska värden (Sjöman & Slagstedt, 2015).



KAPITEL 5 RESULTAT



KAPITEL 5



5 Resultat

5.1 Lunds kommun

5.1.1 Avrinningsområde

Den dominerande andelen dagvatten leds i Lund vidare till Höje å och Kävlingeån via dagvattenledningar, diken och små vattendrag. Ungefär halva avvattningen från Lunds kommun avleds till Höje å och enbart 12% av avrinningsområdet är tätort. 19% avleds till Kävlingeån och 3% av avrinningsområdet är tätort. Närsalter och föroreningar har dock lett till att recipienterna har dålig ekologisk status och har som mål att uppnå en god ekologisk status senast 2027. Resterande dagvatten avleds till dikningsföretag. Det vatten som leds från stadens hårdgjorda ytor till dikningsföretagen leds oftast direkt och i snabba flöden.

Dikningsföretag som är dimensionerade för avrinning från åkermark klarar inte av mängden vatten som kommer från stadens hårdgjorda ytor (Andersson et al. 2013). I kommunen finns det enbart två större sjöar, Vombsjön och Krankesjön. Vattenlandskapet har förändrats mycket under de senaste 200 åren i Lunds kommun, då 30 % av ytan utgjordes av våtmarker, sjöar, och mindre vattendrag. Idag är det endast en liten del av de öppna vattendragen som finns kvar och detta beror den utdikning och uträtning av vattendrag som utförts för att erhålla så mycket odlingsmark som möjligt (Johansson, 2015).



Figur 36: Karta över Lunds avrinningsområden (Vattenatlas, 2017).

5.1.2 Jordarter

Majoriteten av Lunds jordarter är täta och tillåter därmed inte infiltration. Detta innebär att dagvatten måste fördröjas genom anlagda lösningar. Stadskärnan i Lund består av lermorän som innebär en begränsad infiltrationskapacitet för omhändertagandet av dagvatten (Andersson et al. 2013).

5.1.3 Dagvattenstrategier

Lunds kommun har visionen att skapa robusta och bestående förutsättningar för att vidmakthålla en hållbar dagvattenhantering. Samtlig nybebyggelse, ombyggnation eller utbyggnad av befintlig infrastruktur ska utformas med hänsyn till de förutsättningar som platsen har. Vidare ska utformningen av dagvattensystemen bero på recipientens känslighet och dagvattnets föroreringsgrad. I dagvattenstrategierna för Lunds kommun ingår följande:



- *"Både den hydrologiska och den ekologiska statusen hos Lunds kommuns recipienter förbättras.*
- *Dagens sårbara system förvandlas till hållbara lösningar som möjliggör framtida expansion i ett föränderligt klimat.*
- *Dagvattnet synliggörs som en positiv resurs i stadsbyggandet med avseende på estetik, rekreation, lek, biologisk mångfald och andra naturvärden.*
- *Lund uppnår Vattendirektivets krav.*
- *Tillförseln av föroreningar till recipienten begränsas så långt som möjligt och dagvattensystemet utformas så att en så stor del av föroreningarna som möjligt avskiljs under vattnets väg till recipienten.*
- *Dagvattensystemet utformas så att skadliga uppdämningar undviks vid kraftiga regn och särskild hänsyn tas till husgrundsdränering.*
- *Dagvattenflöden reduceras och regleras så tidigt som möjligt i systemet så att belastning på ledningsnät och recipienter begränsas.*
- *Markresurser som är strategiskt viktiga för att bidra till god vattenkvalitet eller fördröjning inte exploateras på annat sätt. Målet är att Lunds kommun inom tio år har ett robust miljö- och klimatanpassat system för hantering av dagvatten som möjliggör utveckling och expansion i ett föränderligt klimat och som bidrar till ökad livskvalitet och ett mer attraktivt Lund."*

(Andersson et al. 2013 ss. 6)

Samtliga dagvattenanläggningar kräver att följande lagar och regler följs; plan- och bygglagen, miljöbalken, lagen om allmänna vattentjänster och vattendirektivet.

De dagvattenanläggningarna som utformas i Lund ska ha gemensamt att:

- *"vara en naturlig del av stadsmiljön*
- *ta hänsyn till den hydrauliska funktionen*
- *ta hänsyn till biologisk mångfald och gynna ekosystemtjänster*
- *vara estetiskt tilltalande*
- *utformas så att risken för olyckor minimeras, stängsel ska inte användas eftersom detta bland annat ger en känsla av falsk trygghet, fungerar som ett hinder vid en eventuell nödsituation, fungerar som ett lockbete för äldre barn samt hindrar barn från att ha vatten som en upplevelse i sin utveckling. Undantaget är när utformningen består av broar och "kajkanter".*
- *utformas för att underlätta drift och underhåll*
- *vara yteffektiva."*

(Andersson et al. 2013, ss. 19)

Lunds kommun har som målsättning att dagvattenföroreningar inte ska ledas till recipienterna. För att motverka detta arbetar kommunen med att anlägga miljövänliga material som inte sprider föroreningar till dagvattnet. För platser där föroreningar förekommer renas de närmast källan möjligt (Andersson et al. 2013).

5.2 Presentation av resultat

I kommande del presenteras olika förslag på hur öppna hållbara dagvattenlösningar kan användas i urbana miljöer. Förslagen är baserade på litteraturstudien och inspiration har tagits från de fall- och fältstudier som har utförts. En av förslagen har valts i





samarbete med VA-syd, vilken är Mårtenstorget i Lund. Två utformningsförslag presenteras för platsen, varav en storskalig och en i liten skala. Ytterligare tre platser har valts ut i centrala Lund och har efter platsens förutsättningar fått nya utformningar i form av öppna dagvattenlösningar. De värden som har varit viktiga att ha i åtanke vid utformningen och val av lösningar är multifunktionalitet, ekosystemtjänster, ekonomi, estetik och välbefinnande.

Lösningarna presenteras som designförslag där fyra platser undersöks i stadskärnan av Lund. Samtliga platser har kvalitéer som motsvarar typiska urbana miljöer och kan därför även placeras i andra städer. Dock bör nämnas att lösningarna utformas med Lunds förutsättningar i åtanke. Till att börja med presenteras båda design-förslagen för Mårtenstorget. Lösningarna har för avsikt att jämföra hur metoder med olika kapaciteter för att ta upp dagvatten kan se ut på en och samma plats. Vidare efterföljer ytterligare förslag med platser vars förutsättningar ser olika ut, och som kan hittas i de flesta urbana miljöer. Platserna skiljer sig genom deras storlekar och syften, där Bytaregatan är en gata främst för gångtrafik men som även fungerar som en genomfart för biltrafik. Bredgatan är en dubbelriktad gata för biltrafik inkluderat bussar och Östra Mårtensgatan en enkelriktad gata i en av de centralaste delarna av stadskärnan. Förslagen för dessa tre gator har fått sin inspiration från de två utformningarna för Mårtenstorget.

För att kunna jämföra de olika platsernas ekonomiska situation anges ett lågt räknat kostnadsförslag. Vid överslagsberäkning av samtliga gestaltungs-förslag har enbart dagvattenmetod, sittplatser och cykelparkering räknats in. Dessa bidrar till de värden som uppsatsens fokus ligger på och har därför varit de viktigaste att jämföra.

Beräkningar för dagvattenmetodernas kapacitet att omhänderta dagvatten utförs med verktyget ”LAR potentiale” som ger en översiktlig bild av typlösningarnas effekt på nederbördsavrinning och dagvattenhantering. Detta är ett danskt verktyg som i all enkelhet värderar den potentiella effekten av att anlägga en öppen dagvattenlösning i en befintlig stadsmiljö. Den förenklade metoden är funktionell i ett tidigt skede men i senare skeden kan en mer noggrann beräkning behöva göras. Verktyget är bra då det går snabbt att utvärdera det nya förslaget. Beräkningsmodellen är uppbyggd i ett Excel-dokument med tillhörande instruktioner. Det hydrauliska konduktivitetetsvärdet i modellen är förutsatt till $1e-7$.

Trepunktsmetoden är modellen baserad på, vilket innebär att nederbörden, beroende på intensitet kan delas in i tre kategorier:

- Vardagsregn: mindre regn utan konsekvenser.
- Designregn: är ett regn med en återkomsttid på 10 år.
- Extremregn: stor mängd nederbörd, överstiger den mängd som ledningssystemen är dimensionerade för.

(Lerer, 2015).

5.3 Mårtenstorget Lund

Som tidigare nämnts har Lund som mål att skapa dagvattenlösningar som håller för framtiden. Lunds kommun planerar ett flertal dagvattenprojekt runtom i staden, varav en i stadskärnan, nämligen Mårtenstorget. Planen för Mårtenstorget är att hantera dagvattnet lokalt, vilket enligt detaljplan ska göras genom att fördröja ungefär 70 kubikmeter vatten. Genom





denna åtgärd minskas avrinningen till en tiondel mot dagens förhållande (VA SYD, 2017). Åtgärden skulle innebära avlastning för det kombinerade ledningsnätet som idag belastas av Mårtenstorgets dagvatten. Vidare ska en omgestaltning resultera i minskad mängd föroreningar som eventuellt kan komma ifrån ytan. Lösningarna som presenteras i detta arbete kommer i linje med VA syd och Lunds kommuns vision att ha innovativa och attraktiva lösningar.

Mårtenstorget i Lund har funnits sedan 1842 och ligger i centrala staden. Namnet kommer ifrån medeltida Sankt Mårtens kyrka som låg sydväst om torget. Till en början kallades torget för Oxtorget då det förekom kreaturshandel där. Mårtenstorget fungerar som en multifunktionell yta och används som mötesplats för att besöka närliggande restauranger, Lund saluhall och andra butiker som ligger i anslutning. På torget bedrivs torghandel nästan alla dagar i veckan och när inte handel pågår används ytan som parkering. Det finns även ett flertal uteserveringar att besöka på platsen (Källén, u.å.).

Enligt Vattenatlas (2017) är Mårtenstorget nuvarande grundvattenstatus god. Morängrovlera dominerar platsen, men den urbana miljön innebär helt andra förhållanden, där kompaktering kan innebära problem för växtligheten. Därav vattenatlas analys om att genomsläppligheten är låg. Enligt en höjdanalys från Altitude (2017) är platsen flack med väldigt liten avrinningskapacitet. Hela torgytan är kommunalägd och utgör därför inga komplikationer ur ett samverkansperspektiv (Vattenatlas, 2017).



Figur 37: Mårtenstorget i Lund. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Figur 38: Östra esplanaden på Mårtenstorget i Lund. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



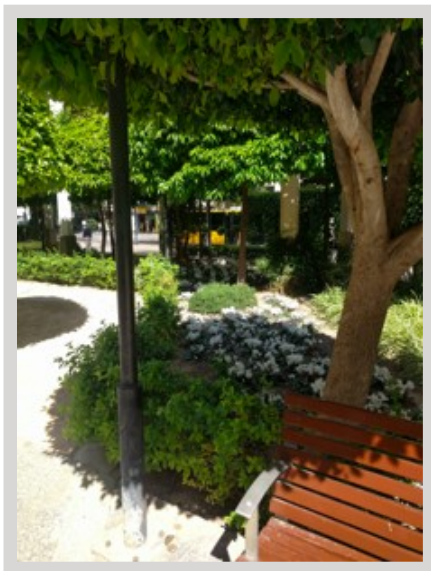
5.3.1 Småskalig lösning Mårtenstorget

Platsanalys

Mårtenstorget har haft ett snarlikt utseende under många års tid och kan ses som en historisk plats. Torget idag utgörs av en stor yta med smågätsten, cykelparkeringar och ett fåtal sittplatser. Även fast torget kan tyckas platt och mindre inbjudande fungerar det som en multifunktionell yta. På morgonen och förmiddagen bedrivs det torghandel och senare under dagen förvandlas ytan till en parkeringsplats. Torget omringas av butiker och restauranger med sina uteserveringar som vetter ut mot torget. Vegetationen på torget är väldigt begränsad, där finns endast ett fåtal träd.

Designvision

Visionen för denna design är att anpassa de befintliga ytor som finns på platsen och öka omhändertagandet av dagvatten. Genom att addera mer vegetation i form av biofilter och grönt tak kommer torget att bli en mer inbjudande plats. Fler sittplatser kommer att finnas på torget. De befintliga träd som finns på Mårtenstorget kommer att utnyttjas och några av dem kommer att förses med ytterligare vegetation i form av biofilter som omringar dem. Likt de vi kunde se i de centrala delarna av Murcia. Mycket inspiration kommer från fältstudien i Murcia som kan ses i figur 39-40. För design-koncept se figur 49.



Figur 39: Inspiration tagen från Murcia. Vegetation runt träd. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Figur 40: Grönområde i centrala Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Multifunktionalitet

Multifunktionalitet finns på Mårtenstorget och det är något som vill bevaras och utökas. Genom alla de dagvattenlösningar som torget förses med ökas multifunktionaliteten. Det gröna taket fördröjer och minskar avrinning och fungerar som ett estetiskt element samtidigt som det skyddar cyklarna från regn och annan nederbörd, biofilterna hjälper till att fördröja det dagvatten som landar på torget, både från den hårdgjorda ytan men även från husens tak som ligger intill torget. Ett flertal av biofilterna förses även med både sittplatser och cykelparkeringar.



Figur 41: Biofilter täckt med galler tillåter gång- och biltrafik att passera. Illustration av Felicia Wendel, 2017.





Hållbarhet

Många av de träd som finns på Mårtenstorget är omringade av en mindre trädgrop. För att öka omhändertagandet av dagvatten kommer ett flertal av dessa träd omringas av vegetation i form av biofilter. Dessa kommer att vara nedsänkta som i figur 42 och på så sätt tillåts vatten som faller på torgytan att ledas till biofiltret. Runt dessa biofilter kommer bänkar att placeras och även cykelställ vid ett av dem. Biofilter kommer även att placeras utmed vägkanterna på södra och västra delarna som löper runt torgytan på fyra olika ställen och dessa kommer kunna ta upp vatten både från torgytan men också det vattnet som kommer från gatan. Ytan där parkering och torghandel sker får tre längre nedsänkta biofilter med ett galler över sig som kan ses i figur 41, så att ytan fortfarande kan passeras. Hälften av de cykelställ som finns på torgets östra sida förses med grönt tak, se figur 43. Det kommer fungera som ett skydd för cyklarna.



Figur 42: Träd omringat av biofilter och bänkar. Illustration av Felicia Wendel, 2017.



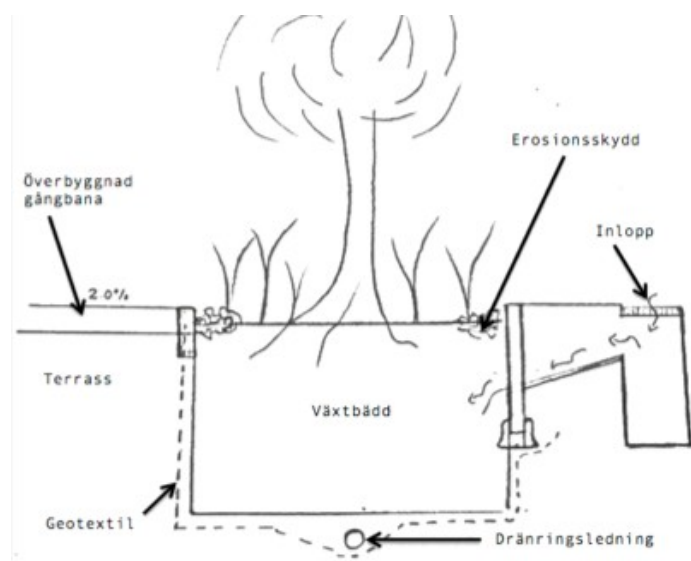
Figur 43: Grönt tak ovanför cykelparkeringar. Illustration av Felicia Wendel, 2017.

Det gröna taket kommer fungera som ett skydd för en del av cykelställen har en förmåga att fördröja vatten (Svenskt vatten, 2011) och bidrar även till en rad andra funktioner och värden som tidigare har nämnts i detta arbete. En teknisk beskrivning av taket kan ses i figur 44.



Figur 44: Sektionsritning av grönt tak. Illustration av Felicia Wendel, 2017.

De nedsänkta biofilterna som placeras ut på torget har många funktioner och en av dem är fördröjning. Filtret är uppbyggt av erosionsskydd, översvämningsskydd, fördröjningszon, dräneringsledning, dräneringsgruslager, sandbaserat växtsubstrat, mineraljord, ut- och inlopp samt en tät duk som omringar konstruktionen, se figur 45. Konstruktionen är uppbyggd enligt biofilter typ 4 (Fridell, 2017).



Figur 45: Sektionsskiss av biofilter. Illustration av Felicia Wendel, 2017.



Ekosystemtjänster

Figur 46: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.

Tabell av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017

	Grönyta	Träd	Växtbädd	Grönt tak	Dagvattenlösning
Luftkvalitet	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten
Klimat	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Växer absorberar CO2
Vattenreglering	Reducerar översvämningsrisken något	Viss inverkan på avrinningsgrad	Infiltrering till grundvattnet	Minskar regnvatten urladdning	Jämnar ut flödestoppar
Välbefinnande	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar

Ekonomi

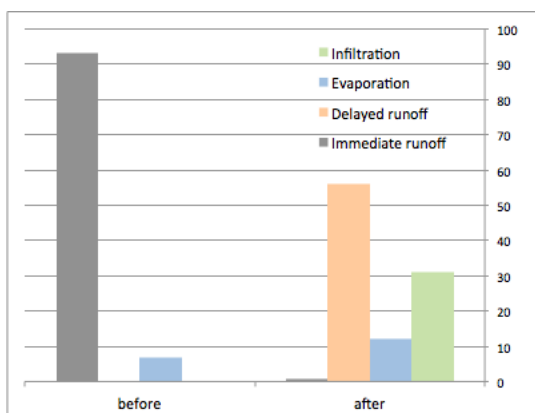
Den totala kostnaden för den nya utformningen på Mårtenstorget hamnade på en bit över en miljon kronor. Utformningen utgör 9 % av den totala ytan, alltså 673/ m². Torget blir säkrat för ett 14 års regn, vilket innebär att en förbättring på tre år har skett. I figur 47 och 48 fås en bild vad den nya lösningen tillför platsen. Förutom att torget blir mer hållbart ökar även många andra viktiga värden.

Estetik och välbefinnande

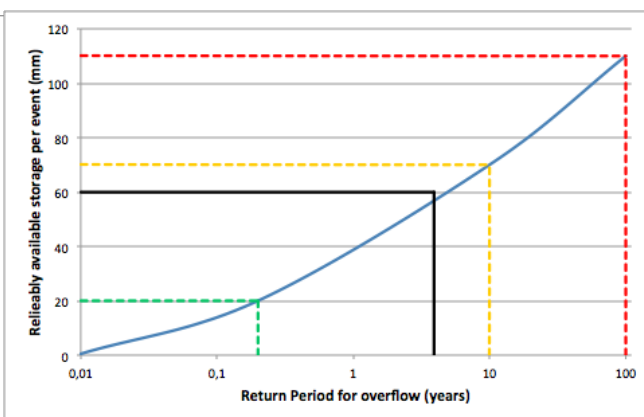
Genom att addera mer grönska på torget bidrar det till en mer inbjudande plats. Antalet sittplatser ökar möjligheten att göra torget till en mer social plats. Mycket av torgytan bevaras och de historiska inslagen lever kvar.

Bedömning

Det angivna förslaget säkrar platsen för ytterligare 4 år. Vilket innebär att torget blir säkrat för ett regn med återkomsttid på 14 år. Den nya utformningen visar även på att avrinningen från platsen kommer förbättras. Diagrammet visar på att upp till 60 % av vattnet kommer att fördröjas, 30 % infiltreras och 10 % kommer försvinna med hjälp av evaporation. Om de lösningar som ska appliceras på platsen inte kan ta upp den nederbörd som kommer tar det system som finns under mark över. Om torget ska bli säkrat för mer intensiva regn krävs det fler öppna dagvattenlösningar på platsen. Mårtenstorget har stora förutsättningar och den stora frågan är hur mycket av det befintliga utseendet man vill behålla.

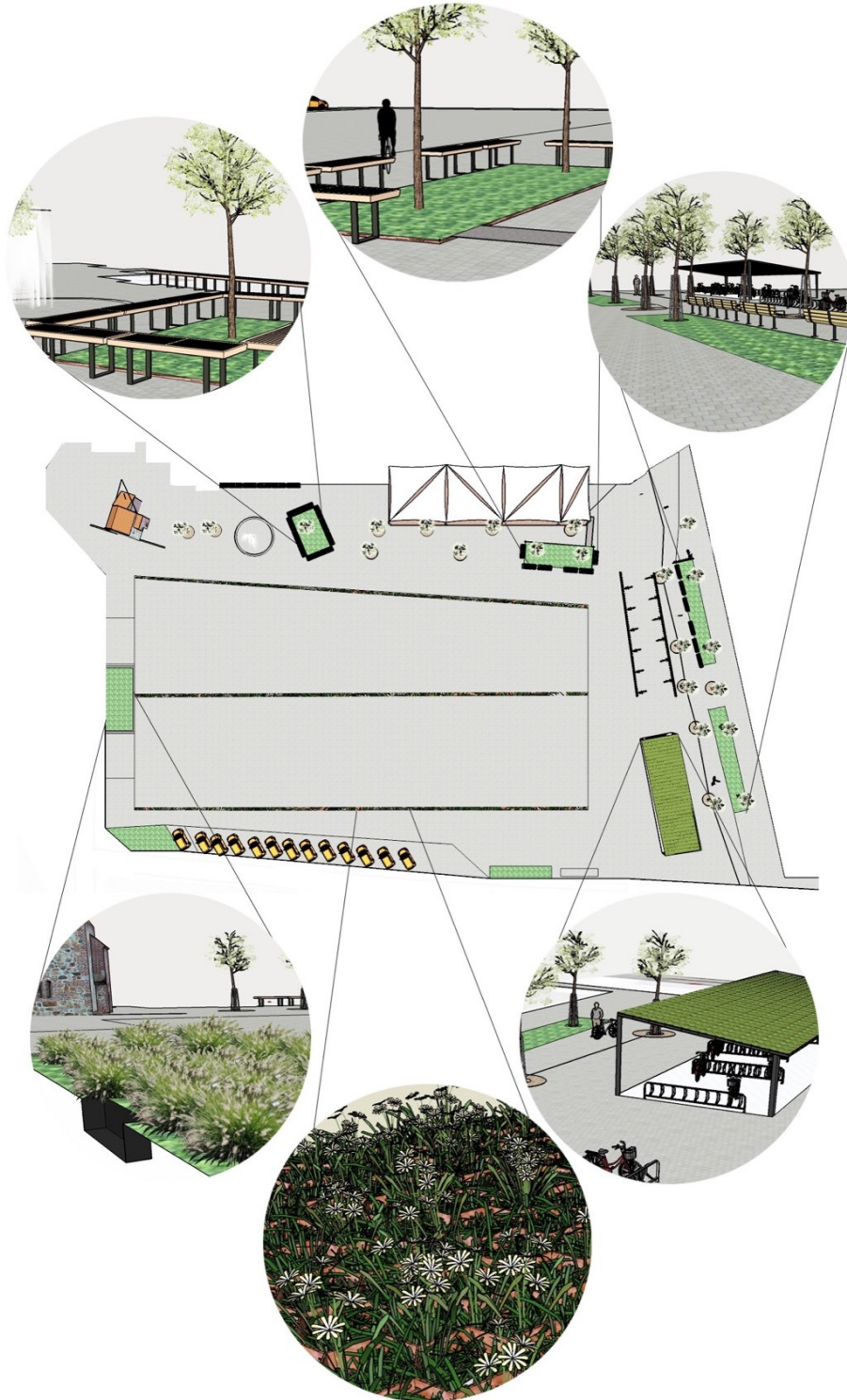


Figur 47: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytvavrinning.



Figur 48: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.





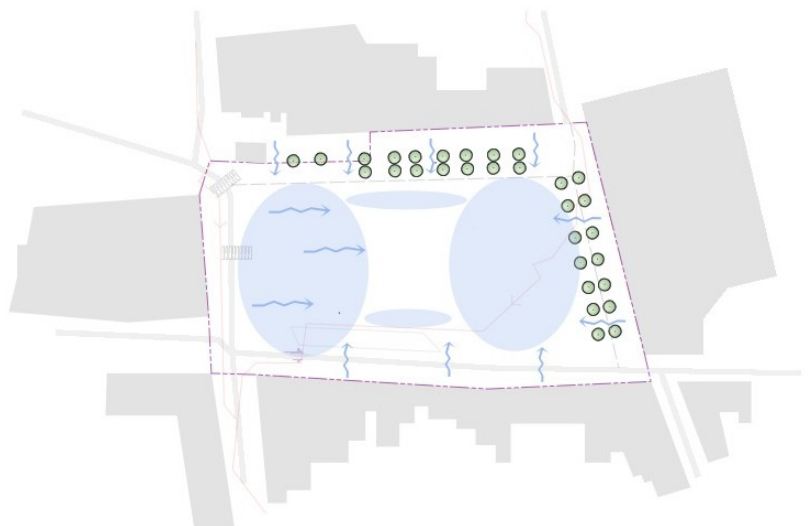
Figur 49: Planritning för Mårtenstorget. Illustration av Felicia Wendel, 2017.



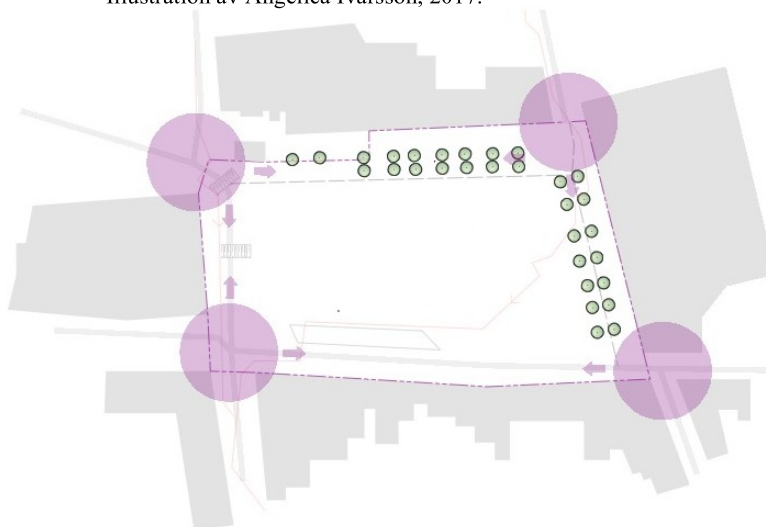
5.3.2 Storskalig lösning Mårtenstorget

Platsanalys

Mårtenstorget är ett öppet och tomt torg med ytterst lite sittplatser. Ytan som annars ska agera parkeringsplats och frukt & grönt marknad, står helt tom under flertalet timmar på dagen. Torget har stor potential att bli en aktiv mötesplats för stadens befolkning. Platsen är övervägande flack med obetydliga lågpunkter, vilket innebär att konstruerade sådana bör anläggas för att motverka översvämningar på området. I figur 50 demonstreras flödesriktningarna i form av pilar och potentiella konstruerade översvämningszoner vid omgestaltning. På vardera kant av torget finns korsningar där gångtrafik möter torget, markerade i figur 51. Torget används förutom för parkering och marknad även för uteservering på somrarna. I linje med utvalda värden från litteraturstudien; multifunktionalitet, ekonomi, samverkan, ekosystemtjänster, estetik och välbefinnande kan platsen uppnå samtliga. Idag består platsen av genomsläpplig beläggning i form av gatsten och små växtbäddar tillåter infiltration av dagvatten. Platsen har stora möjligheter att bli ett föredöme för Lunds kommun och dess invånare. Torget kan med enkla medel bli storslaget, likt "Sponge City" områden i Kina. Ytan har plats att förses med flera olika dagvattenlösningar för att agera pilot för potentiell spridning av stadens hållbarhet i form av grön-blåa lösningar.



Figur 50: Plan visar potentiella översvämningszoner och flödesriktningar.
Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.



Figur 51: Plan visar korsningar och riktningar av människans rörelsemönster.
Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.





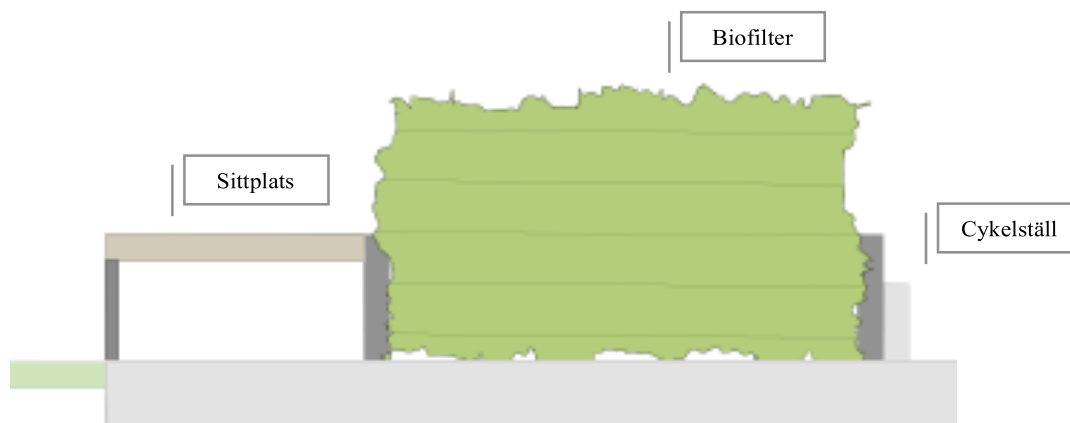
Designvision

Torget har stor potential till att bli en grön och trivsamt plats där estetiska värden såväl som hållbara lösningar kan forma platsen till ändamålet. Enligt Niemelä (2011) skapas sociala och välbefinnande värden hos människor vid tillförandet av grönytor i städer. Grönområden skapar lek för barn såväl som säkerhet. Dessa två aspekter tillför gemenskap i samhället (Niemelä, 2011) och stor vikt läggs därför på grönområden på torget. Grönområdena tillsammans med öppna dagvattenlösningar kommer att placeras enligt potentiella översvämningszoner (Figur 50) där blåa markeringar visar tänkta översvämningsytor. Trots den urbana problematiken, såsom kompaktering och tät bebyggelse, erbjuder den stora ytan plats för innovativa dagvattenlösningar. Visionen för designen är att ta den multifunktionalitet som dagens plats har ett steg längre. Med sittplatser, grönytor och platser för lek ska ytan fungera multifunktionellt och med ett syfte att säkra för framtidens klimatproblematik. Vattnet ska i linje med flera författare ur litteraturstudien, bland annat Boverket (2010) och (Lönngren, 2001), hanteras som en resurs, där kvalitet och kvantitet är viktigt. Genom att tillhandahålla överskottsvatten till platsens vegetation minskas dagvattenvolymen och vatten kvaliteten ökas genom infiltration. Genom infiltration möjliggörs rening av vattnet innan det når den slutliga recipienten (Lönngren, 2001). Den dominerande vattenmängden leds till höje å som klassas känslig, vilket lokala reningsfunktioner ska förebygga (Andersson et al. 2013). Utformningen ska innehålla lösningar ur de tre kategorierna som tagits upp i litteraturstudien; fördröjning nära källan, trög avledning och samlad fördröjning. Inspiration från Murcia i Spanien och "Sponge Cities" i Kina kommer att skapa en plats som bättre ska klara av framtidens klimatutmaningar. För designkoncept se figur 64-66.

Multifunktionalitet

För att bibehålla torgets historiska värde ska plats för marknader finnas. Eftersom att en planerad underjordisk parkering söder om Mårtenstorget redan är planerad (Nebel, 2014), ska därmed inga parkeringsplatser bevaras på själva torgytan. Däremot fylls befintliga parkeringsplatser i söder med flera platser för snabba ärenden, vilket kan ses på sida 64.

Multifunktionaliteten följs som en röd tråd genom hela designen. De båda grönytorerna erbjuder sittplatser, lek, dagvattenhantering och cykelparkering. I figur 52 visas en del av den multifunktionalitet som utformningen erbjuder, där sittplats, grönyta, dagvattenhantering och cykelparkering kombineras.



Figur 52: Biofilter med sittmöjlighet och cykelparkering.
Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

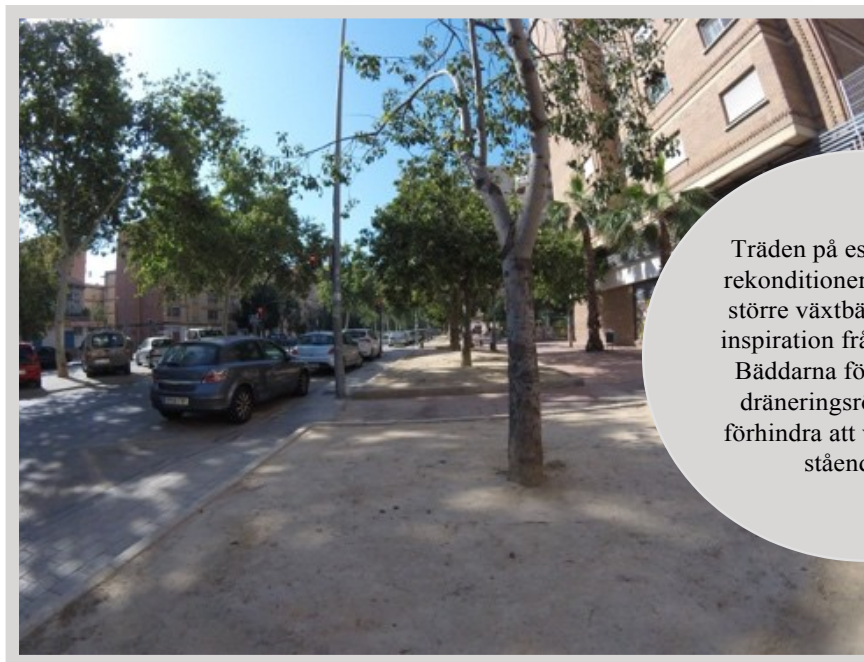


Hållbarhet

Samtliga träd vid befintlig esplanad (Figur 53) utanför affärer i öst ska rekonditioneras för att skapa en bättre växtplats men också för att möjliggöra en samlingsplats för överflödigt dagvatten. Växtbäddarna inspireras från fältstudien i Murcia där gatorna består av många träd med både upphöjda och nedsänkta växtbäddar att leda dagvattnet till istället för brunnar (Figur 54 och 55).



Figur 53: Befintlig esplanad rekonditioneras. Illustration från planritning, sida 49. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.



Träden på esplanaden rekonditioneras och får större växtbäddar med inspiration från Murcia. Bäddarna förses med dräneringsrör för att förhindra att vatten blir stående.

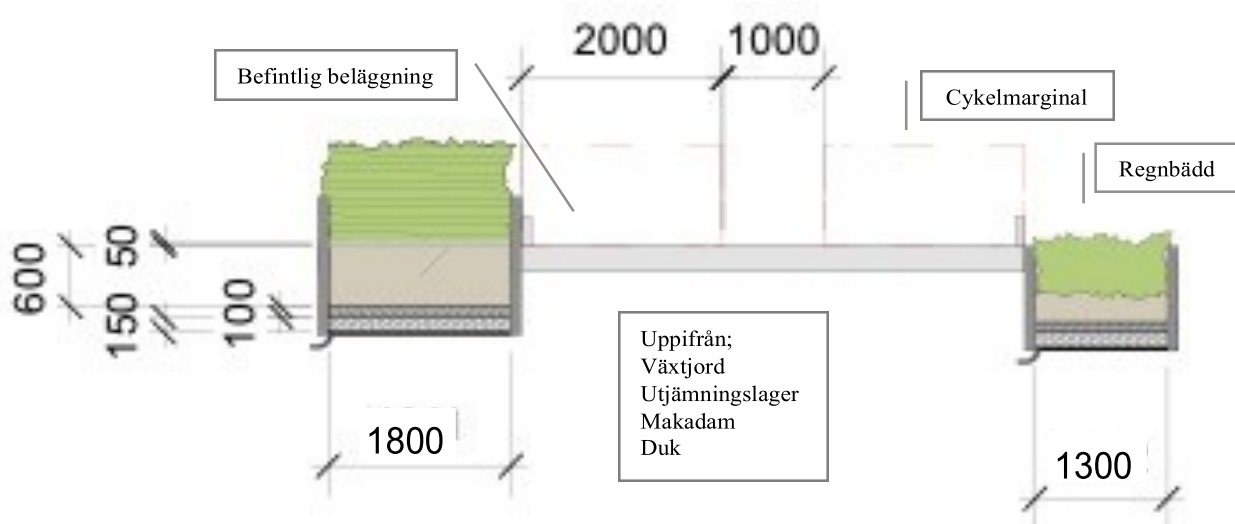
Figur 54: Upphöjd växtbädd längs med trottoaren i Murcia. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



Figur 55: Växtbädd med stort utrymme. Bild av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

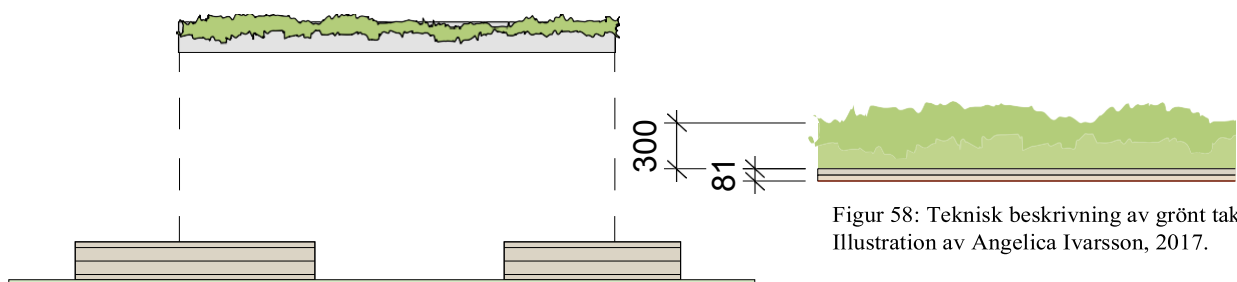


Nedsänkta regnbäddar placeras runtom på Mårtenstorget för att skapa platser för fördröjning och rening av dagvattnet. Bäddarna ska innehålla väl utvalda växter som klarar av de tuffa förhållanden som en regnbädd har. Växterna ska tåla torra såväl som översvämmande förhållanden i så stor mån som möjligt. Bäddarna består av inlopp, erosionszon, bräddavlopp, fördröjningszon, filtermagasin, makadamlager och avvattningssystem enligt typ fyra (Fridell, 2017). För estetiska värden varieras de nedsänkta bäddarna av hög och låg vegetation. Figur 56 visar en teknisk beskrivning av de östra regnbäddarna.

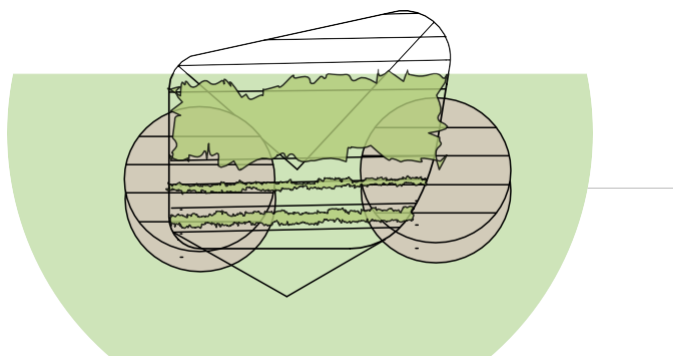


Figur 56: Teknisk beskrivning av biofilter på östra sidan av planritningen på sida 50. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

Exempel på fördröjning nära källan i form av grönt tak. Taket ska finnas vid den västra grönytan. Det gröna taket medför förutom estetiska värden också beskuggning till en del av platsens sittplatser (Figur 57-59).



Figur 57: Grönt tak med sittplatser undertill. I sektion. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.



Figur 59: Grönt tak med sittplatser undertill. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.





Ekosystemtjänster

Figur 60: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.
Tabell av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

	Grönyta	Träd	Växtbädd	Grönt tak	Dagvattenlösning
Luftkvalitet	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten
Klimat	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Växter absorberar CO2
Vattenreglering	Reducerar översvämningsrisken något	Viss inverkan på avrinningsgrad	Infiltrering till grundvattnet	Minskar regnvatten urladdning	Jämnar ut flödestoppar
Välbefinnande	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar

Ekonomi

En översiktlig kostnadsberäkning över den nya utformningen för Mårtenstorget landar nästan på 2,5 miljoner kronor, där 25% av den totala ytan består av dagvattenlösningar. Kvadratmeter kostnaden för den nya utformningen är 300kr/ m². I priset ingår ett flertal värden, vilka är nämnda i detta kapitel. Utformningen bidrar till många ekosystemtjänster (Figur 60) såväl som estetiska värden. Multifunktionaliteten som den nya utformningen har, erbjuder en plats som passar många smaker.

Estetik och välbefinnande

Designen tillför estetiska värden för området genom att addera gräsytor och vegetation till den annars gråa platsen. Sittplatser tillsammans med de gröna ytorna ska skapa välbefinnande hos människor genom den gemenskap som uppnås. Den centrala platsen som agerar förbifart för både befolkning och turister har ett perfekt läge för en mötesplats. I figur 61 visas en illustration av den potentiella mötesplatsen. Där bänkar i olika former syns placerade runtom på grönområdet. Träden skapar en lummig plats med skydd för solen. Illustrationen visar även gångarna mellan grönytorna som tillåter gångtrafik att passera utan att trampa ner gräset i onödan, vilket annars lätt kan skapa mer skötsel. Gångarna förser även platsen med estetiska former och utgör tillsammans med grönområde, träd, cykelparkering och sittplatser en mötesplats som fyller ett multifunktionellt syfte i linje med de värden som valts ut från litteraturstudien.



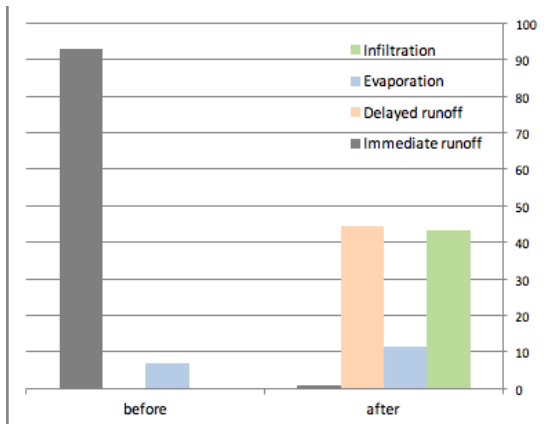
Figur 61: Perspektiv av multifunktionell yta i väst.
Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.



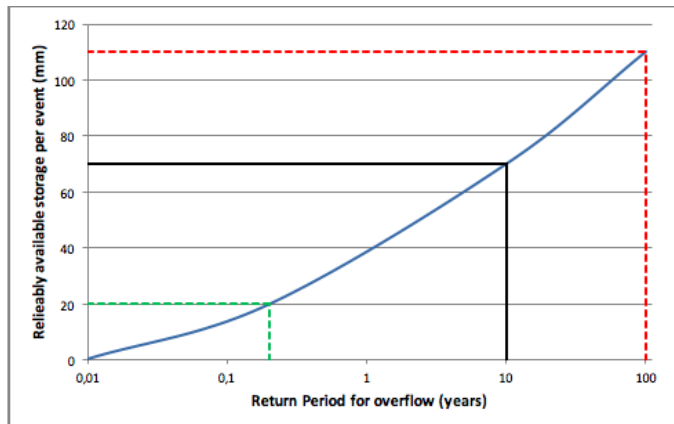


Bedömning

Den storskaliga föreslagna omgestaltningen innebär att torget säkras med minst 10 år (Figur 63), vilket tillsammans med redan befintliga VA-ledningar utgör en återkomsttid på ungefär 20 år. Enligt figur 62 omhändertas hela årsnederbörden där den största andelen dagvatten tas omhand genom fördröjning och infiltration. Med gestaltningsförslaget skapas en mötesplats för stadens invånare och turister, vilket gör platsen mycket värdefull. Den stora mängden grönska på platsen har inspirerats av "Sponge City"-konceptet där stora satsningar utförs. Genom att addera fler lösningar och grön infrastruktur till platsen kan en betydligt lägre återkomsttid uppnås.

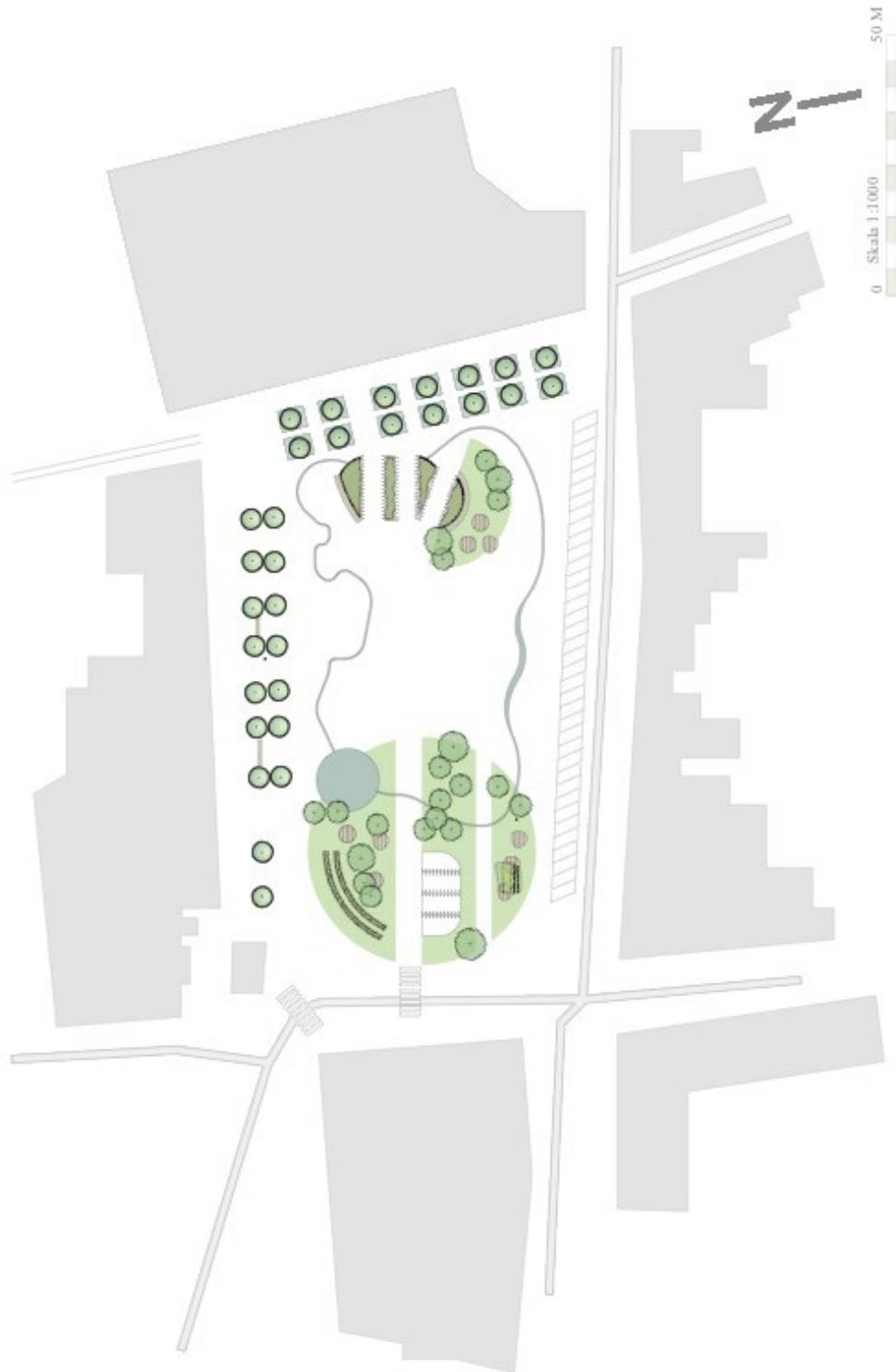


Figur 62: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.



Figur 63: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.





Figur 64: Planritning för Mårtenstorget. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

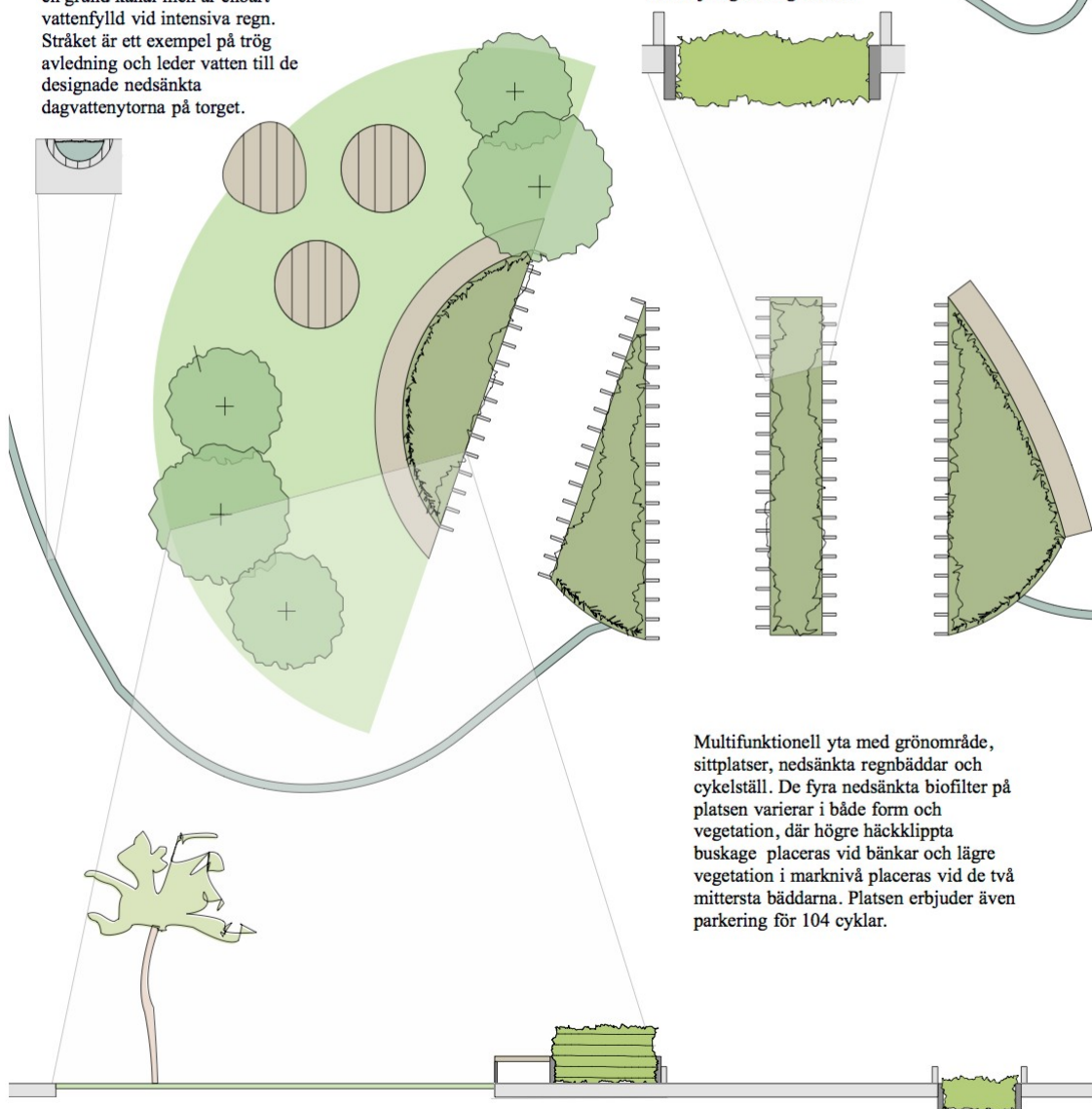




I linje med den multifunktionella visionen för designen ska befintlig cykelparkering göras om till ett grönområde där sittplatser erbjuds. Nedsänkta regnbäddar separerar cykelparkeringarna från varandra och bildar en yta anpassad för fördröjning av dagvatten. Träden, liksom gräs och regnbäddar reglerar föroreningsgraden både i luft och vatten samt värmeö-effekten.

En meandrande nedsänkning i marken fungerar som ett stråk för dagvatten. Avledningen liknar till en grund kanal men är enbart vattenfylld vid intensiva regn. Stråket är ett exempel på trög avledning och leder vatten till de designade nedsänkta dagvattentyterna på torget.

De nedsänkta regnbäddarna erbjuder en plats för fördröjning av dagvattnet.



Multifunktionell yta med grönområde, sittplatser, nedsänkta regnbäddar och cykelställ. De fyra nedsänkta biofilter på platsen varierar i både form och vegetation, där högre häckklippta buskage placeras vid bänkar och lägre vegetation i marknivå placeras vid de två mittersta bäddarna. Platsen erbjuder även parkering för 104 cyklar.

Figur 65: Design-koncept för Mårtenstorget. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.

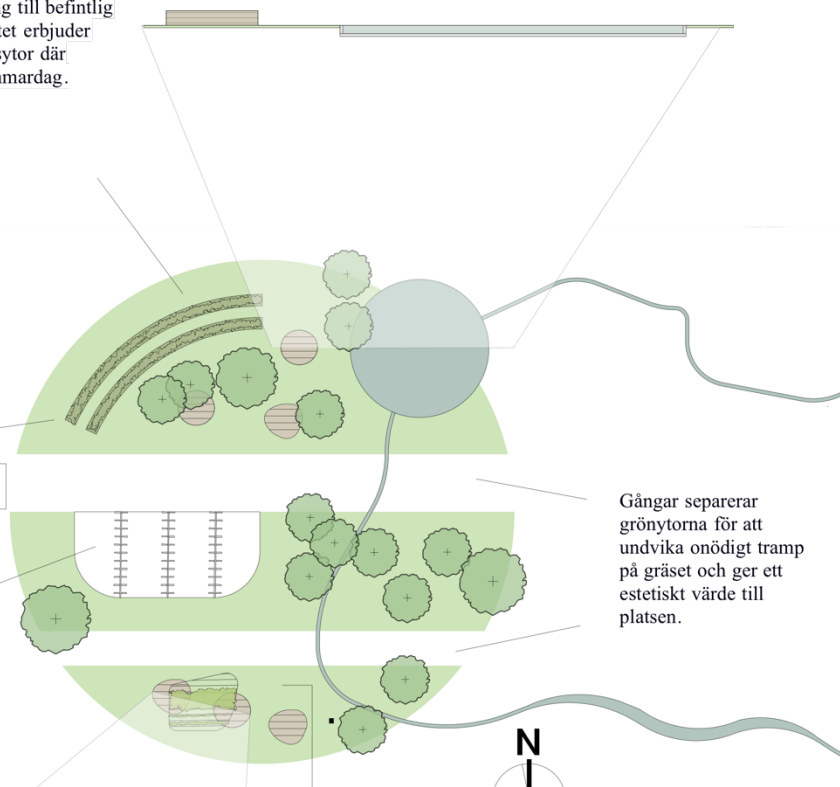


Gräsyten fungerar som en multifunktionell översilningsyta med runda sittplatser, träd, grönt tak för skuggningsmöjlighet och vackra rabatter i form av nedsänkta regnbäddar. Likt fältstudien i Spanien behövs fler grönområden i ytor som domineras av hårdgjort. Platsen bidrar till temperaturreglering, fördröjning och infiltrering av dagvatten. Ytan ska precis som grönområdet med översilningsfunktion i Murcia, ha lågstråk där större mängder vatten kan fördröjas och anläggas i anslutning till befintlig brunn. Platsens multifunktionalitet erbjuder förutom sittplatser även fria gräsytor där picknick är möjligt en varm sommardag.



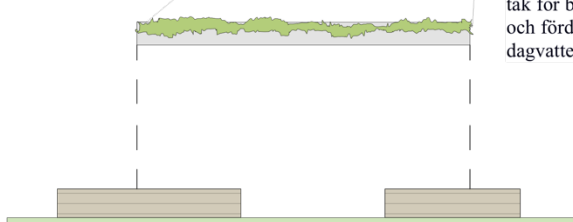
Till bäddarna leds överskottsvatten ner och agerar rening samt fördröjning av dagvatten.

Cykelparkering med 66 platser. Befintlig beläggning behålls som underlag för att kvarhålla den medeltida stilen som Lund har.

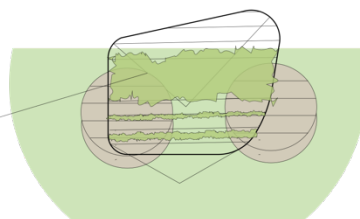


Gångar separerar grönytorna för att undvika onödigt tramp på gräset och ger ett estetiskt värde till platsen.

Sittplatser med grönt tak för beskuggning och fördröjning av dagvatten.



300
81



Figur 66: Design-koncept för Mårtenstorget. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.





5.4 Bytaregatan

Platsanalys

Bytaregatan sträcker sig från Bantorget till Clemenstorget och är en gågata med genomfart. Området som i detta förslaget dimensioneras för sträcker sig från Klostergatan till korsningen vid Knut den stores torg. Gatan är omgiven av butiker och caféer och består till störst del av smågatsten och betongplattor. På ytan finns ett fåtal träd som omringas av cykelparkeringar.

Multifunktionalitet

Den nya lösningen för platsen kommer att bestå av ett flertal öppna dagvattenlösningar i form av nedsänkta och upphöjda biofilter och ett grönt tak. Det gröna taket kommer att placeras ovanför cykelparkeringarna i öst och kommer bidra med skydd för cyklarna och god förmåga att ta emot nederbörd. Ett antal biofilter kommer att placeras ut på gatan och kommer vara både upphöjda och nedsänkta. Några av de nedsänkta biofilter på Bytaregatan kommer att ha ett galler liggandes över sig som tillåter gångtrafik att passera. De biofilter som placeras vid cykelparkeringarna i väst förses med bänkar, vilket styrker den multifunktionella funktionen på platsen.



Figur 67: Planritning för Bytaregatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Figur 68: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor. Tabell av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Ekosystemtjänster

	Grönya	Träd	Växtbädd	Grönt tak	Dagvattenlösning
Luftkvalitet	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten
Klimat	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Växer absorberar CO2
Vattenreglering	Reducerar översvämningsrisken något	Viss inverkan på avrinningsgrad	Infiltrering till grundvattnet	Minskar regnvatten urladdning	Jämnar ut flödestoppar
Välbefinnande	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar





Ekonomi

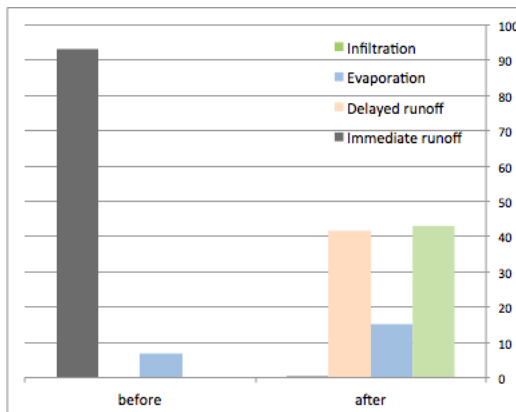
Den totala kostanden för Bytaregatan utformning hamnade på nära 300 000 kronor. För att jämföra andelen omgjord yta med de andra gatorna utgörs här en relativt stor del men hamnade också på det dyraste priset sett till kvadratmeter, 300kr/ m². För att priset ska kunna bli förändrat hade andra material kunnat väljas. Bänkarna och cykelstället hade kunnat bytas ut mot andra varianter och på så sätt hade kostnaden kunnat bli förändrad.

Estetik och välbefinnande

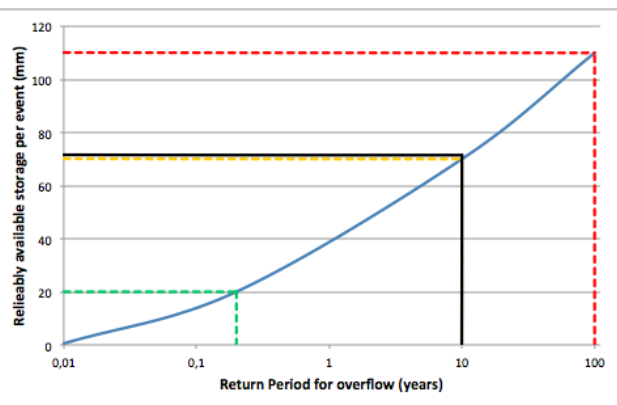
Med gatans nya utformning blir intrycket för platsen grönare och mer välkomnande. De flertal biofilter som placeras ut på gatan kommer ha varierande utseende och ger på så sätt ett kreativt intryck. De nya sittplatserna under träden bjuder in till vila och sociala möten.

Bedömning

Det angivna förslaget omhändertar hela årsnederbörden och säkrar Bytaregatan för ett 10-årsregn. Vilket innebär att med redan befintlig säkerhet på 10 år, skyddas gatan för ett regn med en återkomsttid på 20 år. Dagvattensystemen under mark tar över efter det att systemen ovan mark är överbelastade. Skulle ett 30-årsregn eller kanske till och med ett 100-årsregn planeras för, krävs fler lösningar på platsen. Dock kan det vara svårt att säkra gatan för mer intensiva regn, eftersom att ytan har ont om plats. Möjligheterna att säkra ett större regn finns givetvis, det är bara frågan om hur mycket av det befintliga utseendet som kan tänkas bli förändrat. Även där gatan smalnar av kan innovativa lösningar anläggas, men det är kostnaderna och utrymmet som styr till vilken grad som är möjlig.

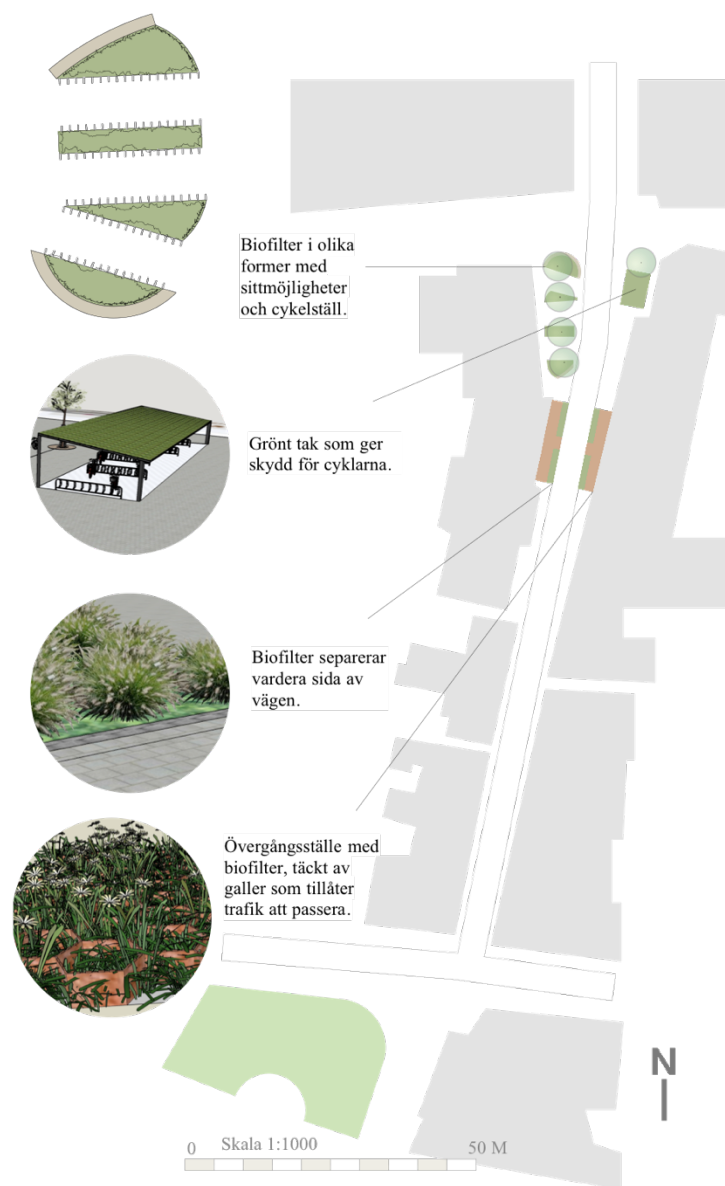


Figur 69: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation,



Figur 70: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.





Figur 71: Planritning för Bytaregatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



5.5 Bredgatan

Platsanalys

Bredgatan är belägen i norra delen av Lunds stadskärna och sträcker sig från kyrkogatan upp förbi Allhelgonakyrkan. Den dubbelriktade gatan trafikeras av både bilister och stadsbussar. Bredgatan består till störst del av hårdgjorda ytor. För att öka fördröjningen och infiltrationen av dagvatten används nedsänkta biofilter. Utformningen sträcker sig från stadsbiblioteket till korsningen innan Allhelgonakyrkan.

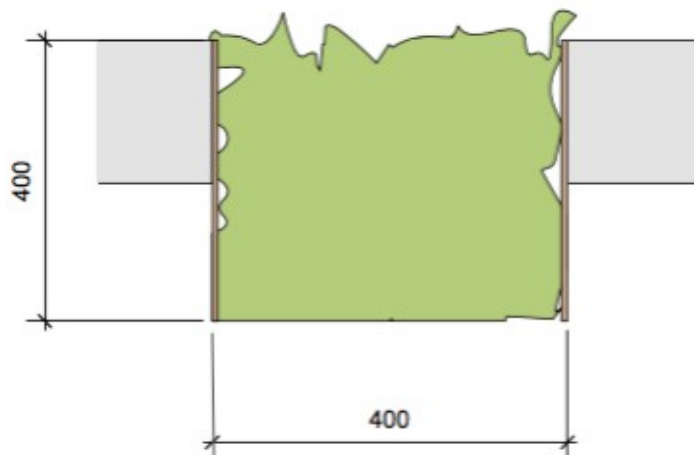
Multifunktionalitet

Förslaget visar på tre olika typer av biofilter. Den ena typen består av "curb-outs" eller "curb-extensions" som ska placeras i kanterna på vägen. Genom att placera ut biofilter på detta sätt blir det inte bara lättare för platsen att hantera dagvattnet på ett hållbart sätt, hastigheten för trafiken kommer även att sänkas för att bilarna kommer behöva invänta varandra i vissa lägen.



Figur 72: Planritning för Bredgatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

Den andra typen består av biofilter med träd som placerats ut i mitten av vägen. Och den tredje placeras under de två övergångsställen som finns längs gatan. Denna varianten fungerar multifunktionellt med syftet att låta fotgängare och biltrafik passera. För att åstadkomma detta är biofiltret nedsänkt med galler som klarar av tung trafik. Dessutom möjliggör filtret en hållbar lösning som inte tar upp plats från markytan. Vegetationsstråk ersätter trottoarkanterna längs gatan som både fördröjer dagvatten och tillför estetiska värden (Figur 73).



Figur 73: Teknisk beskrivning av avrinningsstråk i form av nedsänkt växtbädd. Med tillgängligt utrymme för överflödigt vatten. Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.





Ekosystemtjänster

Figur 74: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.
Tabell av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

	Grönytta	Träd	Växtbädd	Grönt tak	Dagvattenlösning
Luftkvalitet	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten
Klimat	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Växter absorberar CO2
Vattenreglering	Reducerar översvåmningsrisken något	Viss inverkan på avrinningsgrad	Infiltrering till grundvattnet	Minskar regnvatten urladdning	Jämnar ut flödestoppar
Välbefinnande	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar

Ekonomi

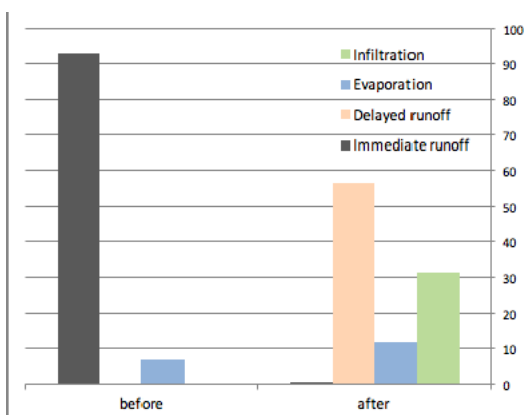
Kostnaden för Bredgatans utformning hamnade på nära 900 000 kronor, vilket blir 200kr/ m². Bredgatan har fått ett flertal olika lösningar som sträcker sig hela vägen längs gatan. Genom den utspridda placeringen tillförs många värden av denna utformningen till platsen. Alla de värden som platsen har, ligger till grund för platsens kostnad och den nya utformningen anses därmed vara ekonomiskt värdefull. Genom att välja andra material hade priset kunnat sänkas men material kan vara en av de delarna som höjer det estetiska värdena till platsen.

Estetik och välbefinnande

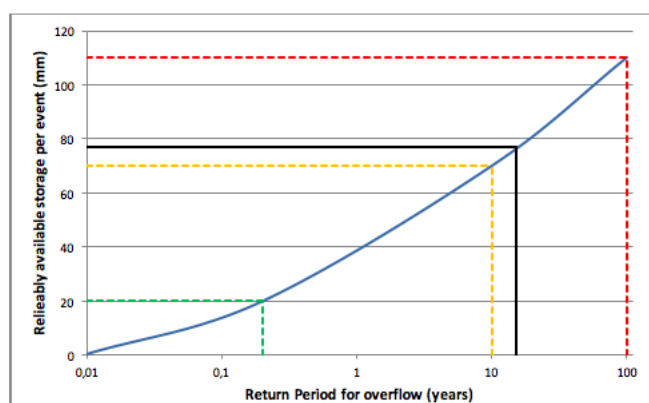
De biofilter som placeras längs Bredgatan har flera olika former och ger gatan ett kreativt och grönt intryck till staden. Genom de träd som planteras i mitten av gatan, regleras värme-ö effekten och skapar en trivsamt och grön plats till omgivningen. Gatan som annars är väldigt grå, får sig ett grönt lyft och speglar tydligt dagvattnets innebörd, vilket stadens invånare kan ta del av på ett pedagogiskt sätt.

Bedömning

Platsen är stor och kräver därmed många lösningar för att ta hand om dagvattnet, vilket kommer att kosta mycket för kommunen. Med den nya utformningen klarar gatan enligt "LAR-potentiale" en återkomsttid på 15år. Bredgatan är dimensionerad för ett 10-årsregn från början och kan genom den nya utformningen säkras platsen för ett 25-årsregn. Det underliggande systemen tar över när de öppna lösningarna inte klarar av att hantera mer. Genom att lägga till fler "curb-outs" finns det möjlighet att säkra platsen för mer intensiva regn, men detta påverkas dessvärre biltrafiken ytterligare och resultatet kan leda till att trafiken stoppas upp för mycket. Den största bidragande faktorn till omhändertagandet av dagvattnet är fördröjning.

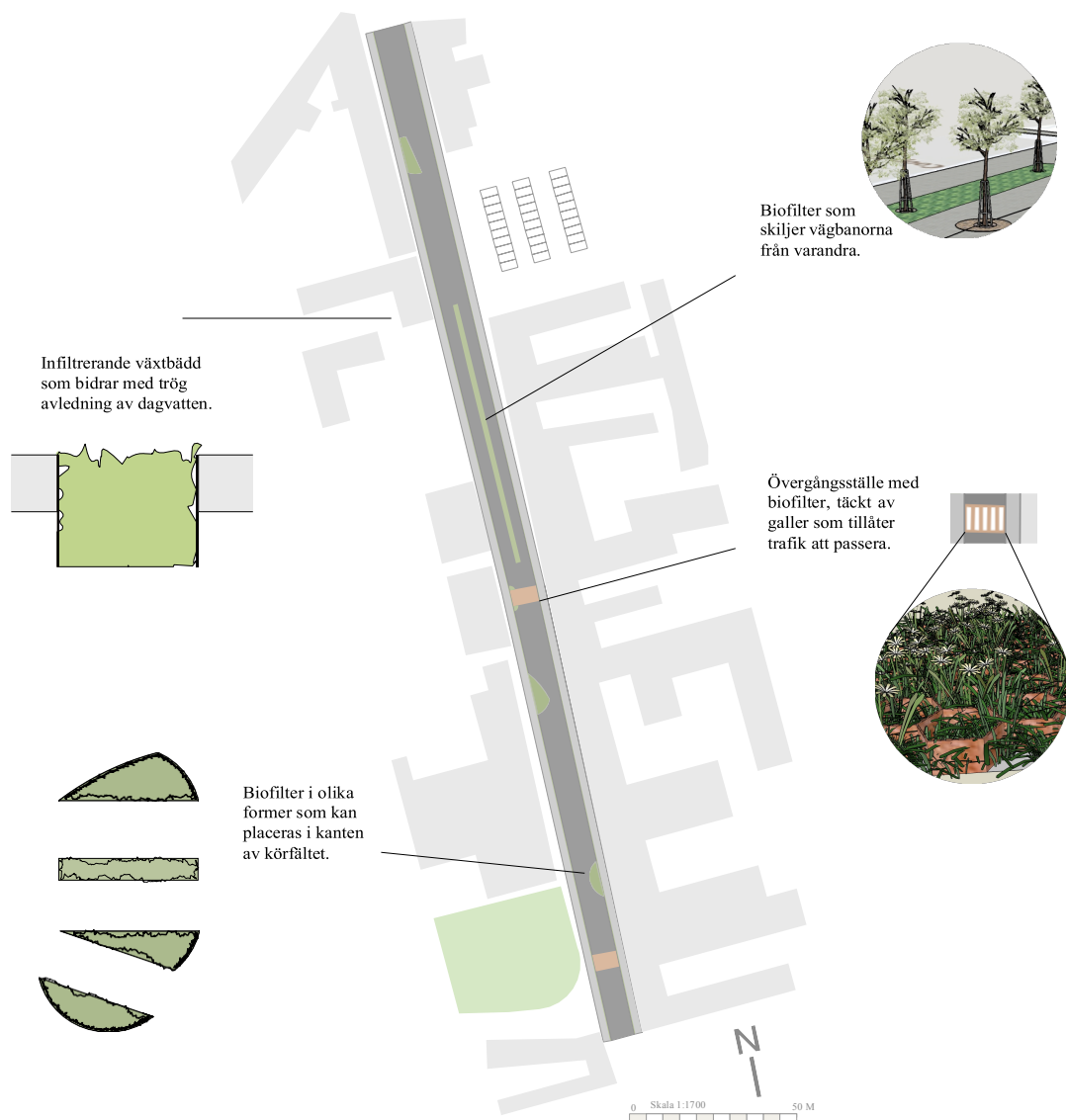


Figur 75: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.



Figur 76: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.

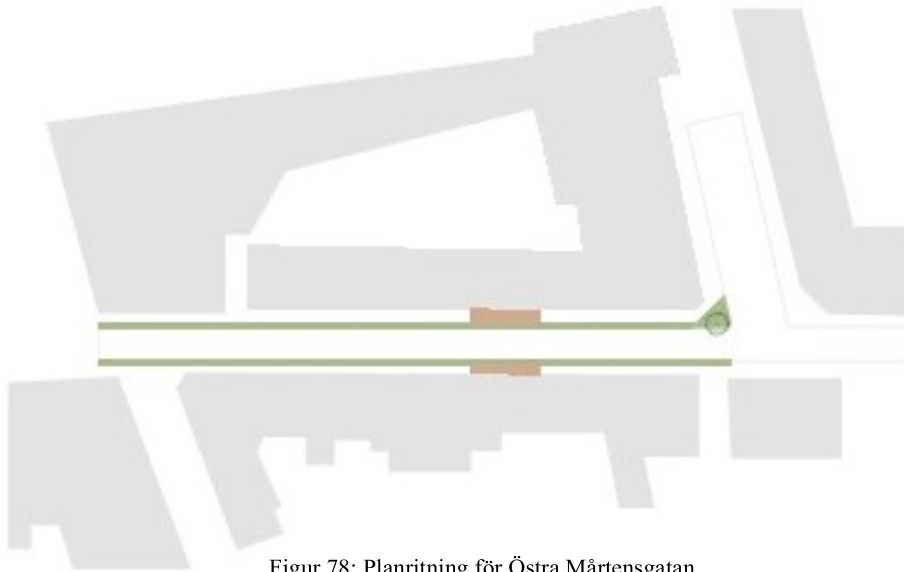




Figur 77: Planritning för Bredgatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.



5.6 Östra Mårtensgatan



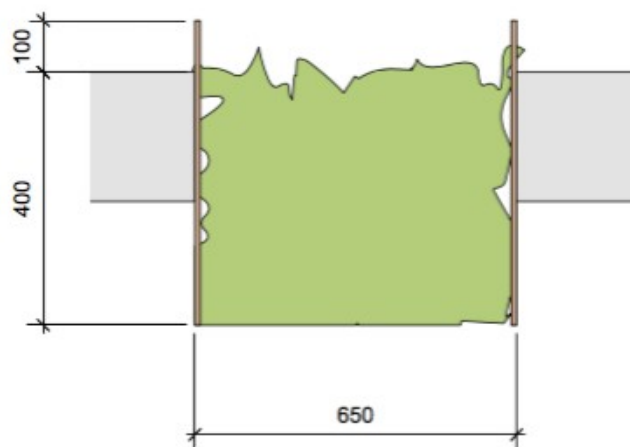
Figur 78: Planritning för Östra Mårtensgatan.
Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel,
2017.

Platsanalys

Östra Mårtensgatan är en enkelriktad gata som ligger öster om Mårternstorget och är omringad av både restauranger och butiker. Gatan leder ner mot Mårtenstorget och är i dagsläget belagd av smågatsten och betongplattor. Förslaget för utformningen sträcker sig från korsningen vid Råbygatan till korsningen vid Laboratoriegatan. Dagvattnet på platsen leds i dagsläget ner i "aco drain"-rännor och vidare till ledningsnätet.

Multifunktionalitet

För att förbättra omhändertagandet av dagvatten kommer delar av trottoaren och vägbanan göras om till nedsänkta stråk täckta med vegetation (Figur 79). Stråken kommer vara 40 cm djupa och kommer på så sätt kunna ta emot vatten och fördröja det, men lösningen bidrar även med en renande effekt. Denna lösning kommer att finnas på båda sidorna om vägen. Biofilter kommer att anläggas på båda trottoarerna och för att tillåta fotgängarna att passera läggs ett galler över. I korsningen till Laboratoriegatan placeras ett biofilter med ett mindre träd i. Gatans smala utformning begränsar möjligheterna att addera fler lösningar.



Figur 79: Teknisk beskrivning av avrinningsstråk i form av nedsänkt växtbädd. Med tillgängligt utrymme för överflödigt vatten.
Illustration av Angelica Ivarsson, 2017.





Ekosystemtjänster

Figur 80: Tabell som visar vilka ekosystemtjänster som utformningen ger. Där rosa är liten, blå mellan och grön stor.
Tabell av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

	Grönyta	Träd	Växtbädd	Grönt tak	Dagvattenlösning
Luftkvalitet	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten samt föroreningar	Reduktion av värmeö-effekten
Klimat	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Absorberar CO2	Växter absorberar CO2
Vattenreglering	Reducerar översvåmningsrisken något	Viss inverkan på avrinningsgrad	Infiltrering till grundvattnet	Minskar regnvatten urladdning	Jämnar ut flödestoppar
Välbefinnande	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar	Mentala och fysiska fördelar

Ekonomi

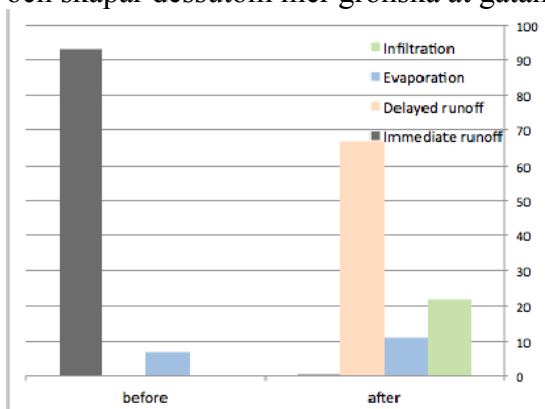
Den totala kostanden för utformningen på Östra Mårtensgatan blev 200 000 kronor. Sett till kvadratmeterpris hamnade denna gata på 200kr/ m², vilket innebär att det är en av de billigaste lösningarna. Även här hade andra material kunnat användas för att sänka kostnaderna. En kant av korten-stål har använts till den vegetationsrännan som sträcker sig längst hela vägen. Hade en kant i betong valts hade kostnaden sänkts med ca tio tusen kronor.

Estetik och välbefinnande

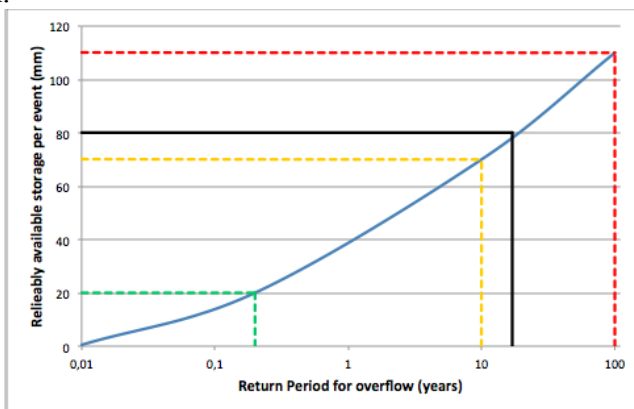
De biofilter med galler som kommer finnas på båda trottoarerna bidrar till ett grönare intryck till den annars gråa gatan. Dessutom kan de öppna biofiltren längs gatan agera pedagogiskt ur ett dagvattenperspektiv och höjer därmed värdet på platsen ytterligare.

Bedömning

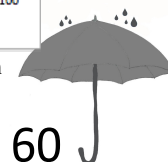
Enligt "LAR-potentiale" klarar förslaget av en återkomsttid på 17 år, vilket säkrar platsen för ett 27-årsregn. Fördröjning framstår som den bytande effekten av dagvattenregleringen. Förslaget visar på hur relativt enkla medel kan adderas urbana ytor utan att ta upp allt för mycket av det befintliga utrymmet. Genom att separera trottoar från körfält med en växtbädd istället för en hårdgjord kantsten placeras dagvattenmetoden längs med hela gatan. För att höja värdet ytterligare skulle fler nedsänkta biofilter kunna anläggas, detta kommer dock resultera i en större kostnad och skulle på den trånga gatan förmodligen inte vara rimligt att utföra. Eftersom gatan är väldigt smal och delas av biltrafik, cyklister och gångtrafikanter är det svårt att få in stora lösningar på platsen. Det gäller att komma på innovativa lösningar som tar vara på den plats som finns utan att hindra platsens funktion. Underjordiska lösningar är i detta fallet därför att rekommendera, men genom föreslagen utformning behöver inte för mycket yta tas av platsen och skapar dessutom mer grönska åt gatan.

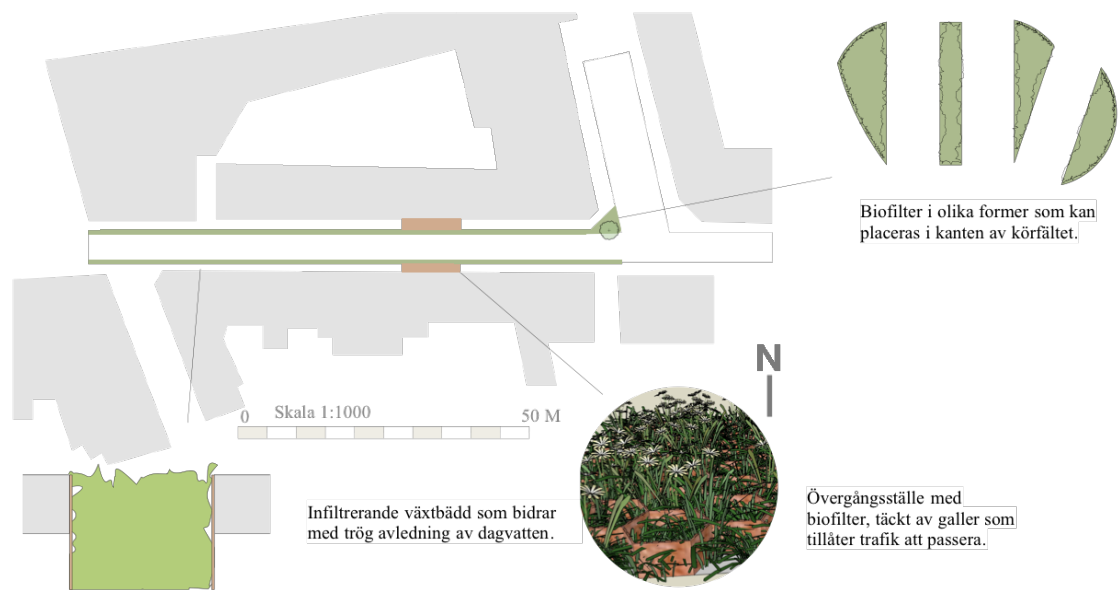


Figur 81: Översiktligt diagram som visar utformningens infiltration, evaporation, fördröjning och ytavrinning.



Figur 82: Översiktlig graf för återkomsttid och nederbördsupptag per tillfälle.





Figur 83: Planritning för Östra Mårtensgatan. Illustration av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.





5.7 Helhetsbedömning

Nedan sammanfattas samtliga utformade ytor (Figur 84), där utvalda värden har bedömts enligt samma principer. För bedömningsskalan; liten (rosa), mellan (blå) och stor (grön) läs kapitel 1.4.

Figur 84 visar att Bredgatan, Bytaregatan och den storskaliga lösningen för Mårtenstorget uppfyller samtliga värden på ett mycket tillfredställande sätt. På dessa ytor har stort fokus lagts på värdena multifunktionalitet, ekosystemtjänster, estetik och välbefinnande som tillsammans skapar en mycket hållbar plats. Resultatet är ett bevis på hur mycket som kan vinnas genom att lägga mer kraft på utformningen. Även omgestaltningarna för Östra Mårtensgatan och det småskaliga exemplet för Mårtenstorget bidrar med alla, men i mindre skala. För förtydligande av figur 74 se appendix 1.

Figur 84: Tabell över helhetsbedömning av utformningarnas värden där rosa står för liten, blå mellan och grön stor.
Tabell av Angelica Ivarsson och Felicia Wendel, 2017.

	Bredgatan	Bytaregatan	Östra Mårtensgatan	Mårtenstorget (småskalig)	Mårtenstorget (storskalig)
Multifunktionalitet	Biofilter längs trottoarer agerar fartsänkning för biltrafik och bidrar med estetiska värden. Nedsänkta biofilter under övergångsställen tillåter gångtrafik att passera. Biofilter separerar körfält ifrån varandra. Avrinningsstråk byter ut trottoarkant.	Nedsänkta biofilter med galler tillåter gångtrafik att passera. Biofilter kombineras med bänkar och cykelparkering. Grönt tak förser platsen med skugga.	Nedstänkt avrinningsstråk separerar gångbana från bilväg. Upphöjd stälkant agerar skydd för att bilar inte ska åka ner i stråket. Nedsänkta biofilter med galler tillåter gångtrafik att passera.	Grönt tak förser cykelparkeringar med beskuggning. Biofilter kombineras med sittplatser. Nedsänkta biofilter med galler tillåter gång- och biltrafik att passera.	Grönområde kombineras med sittplats, cykelparkering, lektya, beskuggning och dagvattenmetod. Biofilter kombineras med sittplats och cykelparkering.
Ekosystemtjänster	Den nya utformningen bidrar med många ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med många ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med en liten mängd ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med en liten mängd ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med många ekosystemtjänster.
Estetik & välbefinnande	De många biofilter som placeras längs bredgatan har flera olika former och skapar ett kreativt och estetiskt uttryck. De träd som placeras i de biofilter som separerar biltrafikens riktningar bidrar med ett gröna uttryck.	Biofilter vid cykelparkering bidrar med mer grönska. Nedsänkta biofilter ger estetiska värden.	Avrinningsstråk med kanter av korten-stål tillför estetiska värden till platsen. De nedsänkta biofiltern med galler och regnbåden med trädet bidrar till en tilltalande miljö.	Sittplatser och grönska från biofilter bidrar med estetiska värden. Nedsänkta biofilter med galler adderar grönska och ett estetiskt tilltalande utseende till platsen.	Platsen erbjuder mycket grönska i form av gräsytor, träd och biofilter. Varierande former bidrar med kreativitet och estetik.
Ekonomi	200kr/m ²	300kr/m ²	200kr/m ²	100kr/m ²	300kr/m ²
Hållbarhet	Flerfallet dagvattenlösningar är placerade längs med gatan. Dagvattenlösningar upptar 14% av den totala ytan.	Dagvattenlösningar är placerade på en liten del av området. Dagvattenlösningar upptar 12% av den totala ytan.	Flerfallet dagvattenlösningar är placerade längs med gatan. Dagvattenlösningar upptar 19% av den totala ytan.	Dagvattenlösningar är placerade på en liten del av området. Dagvattenlösningar upptar 9% av den totala ytan.	Flerfallet dagvattenlösningar är placerade utspritt på området. Dagvattenlösningar upptar 25% av den totala ytan.



KAPITEL 6 DISKUSSION



KAPITEL 6



6 Diskussion

Vi har genom litteraturstudien valt ut fyra värden som i denna uppsats används som ett mått på hållbarhet. De värden vi valt ut är; multifunktionalitet, ekosystemtjänster, estetik & välbefinnande och ekonomi. Dessa värden har varit återkommande hos flera författare som i samverkan med varandra har stor potential att skapa en hållbar urban miljö.

Ett viktigt värde som vi valt till våra utformningar är multifunktionalitet. Det som ledde till detta var litteraturstudien i sin helhet. Det finns många funktioner dagvattenlösningar bidrar med förutom omhändertagandet av dagvattnet. Öppna dagvattenlösningar i kombination med vegetation tillför alla de egenskaper som vi genom litteraturstudien funnit viktiga; fördröjning, absorption, infiltration, erosion, rening och estetik. Vi har därför lagt stort fokus på att addera vegetation till uppsatsens föreslagna omgestaltningar. Samtliga utformningar på Mårtensstorget, Bredgatan, Östra Mårtensgatan och Bytaregatan har ett högt multifunktionellt värde, vilket grundas på att lösningarna ska kunna användas på fler sätt än enbart som dagvattenmetod. Vi har förstått att hållbarhet inte enbart grundas på dagvattenlösningens kapacitet att omhänderta dagvatten och har med innovativa lösningar visat på den multifunktionella potential som metoderna har. Bytaregatan har t.ex. biofilter i kombination med cykelparkering och bänkar. Träd och grönt tak förser även platsen med beskuggning. På Bredgatans utformning hittas nedsänkta biofilter i form av farthinder. Och precis som Östra Mårtensgatan har även Bredgatan vegetationsstråk som fördröjer dagvatten såväl som agerar avskiljare eller innovativa trottoarkanter. På de olika förslagen för Mårtensstorget kan samtliga lösningar hittas samt en nedsänkt lektya med översvämningsszon.

För att skapa estetiskt tilltalande utformningar har vi i så stor mån som möjligt kombinerat de öppna dagvattenlösningarna med vegetation. Enligt Niemelä (2011) har vegetation stor betydelse och skapar välbefinnande hos människor. Vi tror dessutom att estetiska värden kan skapa acceptans hos befolkningen, och på så sätt vara ett argument för kostnaderna. En tilltalande lösning borde vara mer acceptabel och värd att investera i än en omgestaltning där liten vikt läggs på estetik.

Vegetation tillför även ekosystemtjänster till urbana miljöer och bidrar till att möta vårt föränderliga klimat. Vi har i litteraturstudien funnit att reduktion av översvämningar, inverkan på avrinningsgraden, infiltrering av grundvattnet och utjämning av flödestoppar kan uppnås genom grön infrastruktur (Niemelä, 2011). Vegetationen reglerar även temperaturen i staden, vilket forskare har sett positiva resultat på. Exempel på detta är "Sponge City"-konceptet som visat på en temperaturminskning med 2-3 grader (Shepard, 2016), vilket motsvarar det omgivande klimatet utanför staden. Dessa värden bidrar till en bättre livsmiljö för människor och djur enligt Niemelä (2011) och har haft en central del i våra omgestaltningar. De platser vi valt i Lund motsvarar typiska urbana miljöer. Det är de hårdgjorda ytorna som bidrar till temperaturskillnaden mellan det omgivande landskapet och den urbana staden. Vi har genom litteraturstudien fått kännedom om att flertalet dagvattenlösningar bidrar till en temperaturreglerande effekt. För att mäta uppkomsten av ekosystemtjänster på de olika förslagen har vi upprättat tabeller som visar på hur stor eller liten mängd de utgör (Figur 46, 60, 68, 74 och 80). Tabellerna har sedan bidragit till bedömningen av de nya utformningarnas hållbarhet.

För att skapa en rimlig hållbarhetsbedömning av de omgestaltade platserna har uppnådda





värden sammanställs i en tabell (Figur 84). Tabellen tydliggör vad som bidrar till att värdet uppnås. Exempelvis bidrar biofilter kombinerat med cykelparkeringar och sittplatser till det multifunktionella värdet på både Bytaregatan och Mårtenstorget. Med litteratur-, fall- och fältstudier har de viktigaste punkterna för en hållbar hantering av dagvatten sammanställts till en helhetsbedömning. Denna metod anser vi därför rimlig för uppsatsens syfte.

Det är svårt att definiera hållbarhet eftersom begreppet är mångsidigt och kan ha flera olika utgångspunkter. En plats i sin helhet kan vara hållbar på olika sätt och ur olika perspektiv. I vårt fall innebär hållbarhet att möta klimatförändringarna och den ökade mängden dagvatten på ett effektivt sätt och vår utgångspunkt är hårdgjorda tätbebyggda ytor med begränsad vegetation. I exempelvis Kina, däremot, är översvämningar ett stort bekymmer och kräver en större satsning för att kunna hantera problematiken. I deras fall skulle en lösning som klarar en återkomsttid på 20 år inte vara hållbar. De skulle istället behöva dimensionera sina städer för 100-årsregn. För att dimensionera för en återkomsttid på 100 år krävs det precis som i Kina en storsatsning där regeringen är involverad. Detta skulle innebära höga kostnader, vilket vi kan konstatera genom en jämförelse av våra utformningar i Lund.

Genom att jämföra de båda lösningarna för Mårtenstorget, kan vi se att det småskaliga kostnadsmässigt skiljer sig med en tredjedel mot det storskaliga. Vi kan också se en betydande skillnad på platsernas hållbarhet, där det småskaliga bidrar med mindre värden än det storskaliga. Vi drar därför slutsatsen att det är bättre att satsa storskaligt och dimensionera för en lägre återkomsttid. För att motverka översvämningar skulle vi behöva satsa lika stort som regeringen i Kina och planera våra städer i Sverige för 100-årsregn. Eftersom vi inte har den översvämningssproblematiken idag är det svårt att veta om det är ekonomiskt försvarbart att dimensionera för ett 100-årsregn. Vi är ovetande om när skyfallet inträffar, det kan hända idag eller om 100 år. Under denna tid kan mycket hända, vilket stärks av Persson, et al. (2009) som menar på att städerna kontinuerligt urbaniseras. Vad säger då att platsen inte kommer att ändras i utseende på 100 år?

Vi kan med hjälp av vår bedömningstabell konstatera att det går att skapa en hållbar urban miljö utifrån ett dagvattenperspektiv. Det är bara en fråga om till vilken grad. I förslaget för Bytaregatan bidrar dagvattenlösningarna till en återkomsttid på tio år, vilket adderas till redan befintliga tio år som VA-ledningarna under mark har kapacitet för. Därmed har den befintliga ytan höjts med det dubbla, och kan efter anläggning klara av ett 20-årsregn. Det vill säga; ytan har blivit mer hållbar. Trots att återkomsttiden halverats innebär det att ytan i framtiden kommer att behöva omgestaltas eller att fler lösningar måste anläggas för att omhändertagandet av dagvatten ska klara av rikligare nederbörd. Då kan man fråga sig om det ändå är mer ekonomiskt att skapa en plats med en lägre återkomsttid, som därmed är hållbar längre.

Sett till pris per kvadratmeter är förslagen för Mårtenstorget det dyraste respektive billigaste av samtliga utformningar under resultatdelen. Ekonomiskt sett erhålls mer än dubbelt så mycket värden av det storskaliga och vi har därför med litteraturstudien som grund insett att det ekonomiska inte borde styra utformningen. Bredgatan och Mårtenstorget (storskaligt) uppfyller flest antal värden. Dock skiljer de på återkomsttid, vilket vi med hjälp av "LAR-potentiale"-verktyget antar beror på vilka dagvattenmetoder som valts för platserna. Procentuellt sett har Mårtenstorget fler lösningar i förhållande till ytan (30%), medan Bredgatan har 15%. Det som verkar vara den avgörande faktorn för återkomst-skillnaden är att Bredgatan har en större procent regnbäddar på ytan, som bidrar till en lägre återkomsttid. För att effektivt använda stadens ytor gäller det därför att vara yt-effektiv och planera in de dagvattenlösningar som hanterar störst volym vatten. Regnbäddar har dessutom potential att fylla samtliga värden som





vi fokuserat på i uppsatsen; multifunktionalitet, ekosystemtjänster, ekonomi, estetik och välbefinnande. Exempel på en yt-effektiv lösning är det nedsänkta biofiltret med galler över som tillåter gångtrafik att passera i förslaget för Östra Mårtensgatan.

Vi har kommit fram till att olika urbana situationer har olika förutsättningar för att uppnå samtliga värden, och därmed bli mer eller mindre hållbara. Man kan tydligt se att de nya utformningarna bidrar till en ökad hållbarhet, där deras ursprungstillstånd avgör med hur mycket. Den urbana problematiken med trånga gator är svår att lösa, men genom innovativa metoder som i exemplet för Östra Mårtensgatan kan en förbättrad vattenbalans möjliggöras.

För större urbana ytor som exempelvis torg, kan storskaliga lösningar tillämpas, vilket förslaget för Mårtenstorget visar. "Sponge Cities" är ett bra exempel på storskalighet, där stora satsningar skapar hållbara städer. Hållbarhet för Kina innebär till stor del att förhindra översvämningar (Sherpard, 2016), som är en av klimatförändringarnas negativa påföljd (SMHI, 2017a). Enligt SMHI (2017c) kan översvämningar också bli en framtid för Sverige. Om en omgestaltning har syftet att förhindra översvämningar, räcker inte småskalighet. Till det storskaliga förslaget på Mårtenstorget har principen testats och kan ses som en påbörjan till det kinesiska konceptet.

I Murcia utfördes en satsning men i mindre skala, där innerstaden blivit alltmer grön. Murcia, som är en av de mest vattenstressade städerna i Europa, söker främst värdet att förbättra vattenkvaliteten. För att göra detta anlägger de stora mängder av regnbäddar, diken, grönområden och gröna tak i staden (Perales-Momparler et al. 2016). Boverket (2010) anser att södra Sveriges klimat kommer att likna Spaniens i framtiden, vi har därför valt att använda liknande lösningar i våra förslag.

Trots att vi har använt oss av överslagsberäkningar både vid uträkningen av omhändertagandet av dagvattnet och vid kostnadsberäkningen för de olika ytorna, har vi kunnat dra relevanta slutsatser. Målet har inte varit att få fram den exakta kostnaden eller den exakta kapaciteten en viss lösning har, utan snarare vad som är kostnadseffektivt och vilken metod som är mest effektiv att använda. Lösningar är utformade på olika sätt och är olika stora, hur mycket dagvatten som kan omhändertas av en specifik lösning är därför inte avgörande för uppsatsens syfte. Detsamma gäller för kostnaden, där det viktigaste var att kunna jämföra olika val av metoder.

Det slutliga resultat vi har kommit fram till motsvarar våra förväntningar. Det finns mycket information om dagvatten och majoriteten författare har en liknande syn på ämnet, vilket styrker vår litteraturstudie. Genom våra fall- och fältstudier har vi fått ett bredare perspektiv på hur hanteringen av dagvatten kan gå till i stor och liten skala. Det har varit ett väldigt lärorikt och viktigt ämne att skriva om.

6.1 Värdering av resultat

De resultat vi fått från verktyget "LAR-potentiale" har enbart gett oss en översiktlig beräkning av omhändertagandet av dagvattnet, vilket innebär att de inte kan ses som fullständigt pålitliga. Verktyget tar inte hänsyn till placering av dagvattenlösningar eller flödesriktningar, vilket vi anser är av stor vikt för att resultatet ska bli så korrekt som möjligt. Något som vi hade kunnat göra annorlunda är att skapa delavrinningsområden utefter flödesriktningarna på samtliga platser. Detta för att säkerställa att den specifika lösningen kan ta upp det vatten som faktiskt leds till upptagningsområdet. Men eftersom att verktyget ger ett ungefärligt resultat, valde vi att inte dela upp avrinningsområdena. I förslagen för Östra Mårtensgatan och Bredgatan har vi placerat ut lösningar jämnt över ytan, vilket gör att dagvatten från hela ytan



har närhet till en upptagningsfunktion. I dessa fall påverkas resultaten inte lika negativt av verktyget som för Bytaregatan, som har en samlad placering av lösningar på den norra delen av gestaltningsförslaget.

Ytterligare brister i verktyget är de breda kategorierna där dagvattenlösningarna ska in. Det finns enbart fyra kategorier; permeabel yta, simpel regnbädd, regnbädd med fördröjning samt fördröjning. Dessa kategorier försvårar klassningen av metoderna och ger bristfälliga resultat. Grönytan på det storskaliga förslaget för Mårtenstorget är exempelvis svårkategoriserad. Om den läggs under permeabel yta blir effekten av dagvattenomhändertagandet för en grönyta mindre och lägger man den under simpel regnbädd blir effekten sannolikt för stor. Vi har även hittat brister vad gäller rekommenderade lutningar som måste anges under kategorin fördröjning i verktyget och bidrar även detta till ett felaktigt resultat. Överlag fungerar verktyget bra vid ett tidigt skede för att få en överslagsberäkning, men är i längden inte ingenjörsmässigt hållbar. I efterhand skulle vi lagt ner tiden det tog att förstå verktygets brister, på att räkna med mer korrekta metoder.

Hade vi räknat på egen hand med lämpligare tillvägagångssätt, som exempelvis rationella metoden, hade mer trovärdiga resultat kunnat uppnås. Avsevärda skillnader för återkomsttider och dagvattenmetoders kapacitet att omhänderta dagvatten hade bidragit till ett pålitligare resultat. Vardera dagvattenlösningens kapacitet hade kunnat diskuteras och jämföras mer ingående. Den största förändringen hade det storskaliga förslaget för Mårtenstorget haft, som hade gett en högre återkomsttid. Men eftersom vi mätt hållbarhet genom värdena; multifunktionalitet, ekosystemtjänster, ekonomi, estetik och välbefinnande, hade uppsatsens syfte förmodligen blivit detsamma.

Helhetsbedömningen har fungerat bra som metod då vi utifrån litteraturen fått med de viktigaste värdena för en hållbar hantering av dagvattnet. För att göra en rättmätig bedömning har vi skapat en färgskala. Genom denna kan vi särskilja de olika platsernas grad av hållbarhet.

Eftersom vi tagit ut de väsentliga och mest återkommande värdena från samtliga författare skulle troligtvis syftet besvaras på ett liknande sätt även om metoden hade sett annorlunda ut. Vi upplever därför att det svar vi fått fram är rimligt för uppsatsens syfte. Vi har både genom litteraturstudien, fält- och fallstudien kunnat konstatera att det går att skapa en hållbar urban miljö utifrån ett befintligt system.

6.1.2 Vidareutveckling av studien

För att studera vidare på hur vi ska tackla klimatproblematiken bättre, skulle det vara intressant att på ett kostnads- och platseffektivt sätt skapa en miljö som är hållbar för 100-årsregnen. En sådan inriktning skulle dock kräva noggrannare beräkningar.





Källförteckning

- ABVA, A. bestämmelser för vattentjänster i H. kommun (u.å.). *Råd och anvisningar*. Härryda: Härryda kommun. [Broschyr]
Tillgänglig: <http://www.harryda.se/download/18.1885322d120d14a8b3f80001172/1440080955160/R%C3%A5d+%26+Anvisningar+2009+broschyr.pdf>
- Alm, H., Åström, A. (2014) *Kommunal dagvattenhantering – juridiska och finansiella aspekter* (Projektnummer 29-114).
- Altitude (2017). *Altitude.nu - Find the elevation of any place*. Tillgänglig: <http://altitude.nu/>.
- Andersson, S., Bengtsson, L., Hall, K., Johansson, M., Persson, A. & Ratcovich, K. (2013). *Dagvattenstrategi för Lunds kommun*. Lund.
- Antipa, A. (2015). From Neglected to Extraordinary. The Story of the Qian'an Sanlihe Greenway. *Landscape Architects Network*. Tillgänglig: [https://landarchs.com/from-neglected-to-extraordinary-the-story-of-the-qianan-sanlihe-greenway/\[2017-04-21\]](https://landarchs.com/from-neglected-to-extraordinary-the-story-of-the-qianan-sanlihe-greenway/[2017-04-21]).
- Blecken, G.-T. (2016). *Kunskapssammanställning - dagvattenrening*. Luleå. (13–106).
- Boverket (2010). *Mångfunktionella ytor : klimatanpassning av befintlig bebyggd miljö i städer och tätorter genom grönstruktur*. Karlskrona: Boverket. Tillgänglig: http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2010/Mangfunktionella_ytor.pdf. [2017-03-30].
- Calkins, M. (2009). *Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable construction materials*. Hoboken, N.J: Wiley. (Wiley book on sustainable design). ISBN 978-0-470-13455-9.
- Castro-Fresno, D., Carlos Andrés-Valeri, V., Angel Sañudo-Fontaneda, L. & Rodriguez-Hernandez, J. (2013). *Sustainable drainage practices in Spain, specially focused on pervious pavements*. Santander: Department of Transports.
- Dagvattenguiden (n.d). *Vad är dagvatten? | Dagvattenguiden*. Tillgänglig: <http://dagvattenguiden.se/vad-ar-dagvatten/>. [2017-04-06].
- Gaines, J. M. (2016). Flooding: Water potential. *Nature*, 2016-03-17.
- Jansson, E., Lind, B., Malbert, B., Sverige & Statens naturvårdsverk (1993). *Lokal dagvattenhantering: erfarenheter från några anläggningar i*. Stockholm; Solna: Svenska vatten- och avloppsverksfören. (VAV) i samarbete med Statens naturvårdsverk (SNV) ; Svensk byggtjänst (VA-forsks rapportserie, 1992:09).
- Johansson, J. (2015). *Sjö- och vattendragsplan*. Lund: Lunds kommun. Tillgänglig: http://www.hojea.se/rapporter/Bilaga_5_Sjoe-_och_vattendragsplan_Lunds_kommun.pdf.
- Kingdom of Netherlands (2016). *Factsheet Sponge City Construction in China*. Nederländerna: Kingdom of Netherlands.



Kjellström, E. (2013). *FN:s klimatpanel, klimatförändring 2013: den naturvetenskapliga grunden : sammanfattning för beslutsfattare : bidrag från arbetsgrupp I (WG I) till den femte utvärderingsrapporten från Intergovernmental Panel on Climate Change*. Stockholm: Naturvårdsverket (Rapport, 6592).

Kjellström et al., E. (2014). *Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget*. Norrköping: SMHI. Tillgänglig: https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.81608!/Menu/general/extGroup/attachmentColHold/mainCol1/file/Klimatologi_9%20.pdf [2017-03-30].

Klimatanpassningsportalen (2017). *Förorenad mark | Klimatanpassningsportalen*. Tillgänglig: <http://www.klimatanpassning.se/hur-paverkas-samhallet/2.1618/fororenad-mark-1.21517> [2017-03-28].

Källén, R. (u.å.). *Mårtenstorget (Kulturportal LUND)*. Tillgänglig: http://www.kulturportallund.se/index.php?option=com_content&view=article&id=246:laes-mer-martenstorget&catid=122:martenstorget&Itemid=2465&lang=sv [2017-05-02].

Larsson, P. (2013). *Risken för översvämningar i Sverige har ökat*. Tillgänglig: <https://www.kth.se/aktuellt/nyheter/risken-for-oversvamningar-i-sverige-har-okat-1.376172> [2013-03-13].

Leach, A. (2016). *Soak it up: China's ambitious plan to solve urban flooding with 'sponge cities'*. *The Guardian*. Tillgänglig: <https://www.theguardian.com/public-leaders-network/2016/oct/03/china-government-solve-urban-planning-flooding-sponge-cities> [2017-04-21].

Lindfors, T., Bodin-Sköld, H. & Larm, T. (2014). *Inventering av dagvattenlösningar för urbana miljöer*. Vinnova.

Länsstyrelsen (u.å.). *Avrinningsområden i Örebro län*. Tillgänglig: <http://www.lansstyrelsen.se:80/Orebro/Sv/miljo-och-klimat/vatten-och-vattenanvandning/vattenfakta/aro/Pages/index.aspx> [2017-05-17].

Länsstyrelsen (2017). *Ordlista*. Tillgänglig: <http://extra.lansstyrelsen.se:80/viss/Sv/ordlista/Pages/ordlistav.aspx> [2017-05-17].

Lönngrén, G. (2001). *Vatten i dagen: exempel på ekologisk dagvattenhantering*. Stockholm: Svensk byggtjänst. ISBN 978-91-7332-958-3.

Miljömål (2016). *Miljömål- samarbete för att nå miljömålen*. Tillgänglig: <http://www.miljomal.se/Vad-gors/> [2017-03-28].

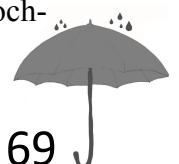
MSB (2016). *Nederbörd och översvämningar i framtidens Sverige*. (MSB 973).

NE. (2017). Konventionell. *Nationalencyklopedin – Uppslagsverk*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/konventionell> [2017-05-17].





- NE. (2017). Servisledning. *Nationalencyklopedin – Uppslagsverk*. Tillgänglig: <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/servisledning> [2017-05-17].
- Nebel, C. (2014). Så kan kvarteret Galten i Lund bli när det byggs om. *Sydsvenskan*, 19 maj.
- Niemelä, J. (2011). *Urban ecology: patterns, processes, and applications*. Oxford ; New York: Oxford University Press. (Oxford biology). ISBN 978-0-19-956356-2.
- Nilsson, J. (2016). *Klimatanpassning med biofilter – utvecklingsalternativ för kvartersstadens gatumiljö*. Sveriges lantbruksuniversitet. Landskapsarkitektsprogrammet (Masteruppsats, EX0775)
- Norén, G. (2017). *Exploatering - Upplands Väsby*. Tillgänglig: <http://www.upplandsvasby.se/2/samhallsutveckling-trafik-och-teknik/exploatering.html> [2017-05-17].
- Perales-Momparler, S., Andrés-Doménech, I., Hernández-Crespo, C., Vallés-Morán, F., Miguel, M., Escuder-Bueno, I. & Andreu, J. (2016). *The role of monitoring sustainable drainage systems for promoting transition towards regenerative urban built environments: a case study in the Valencian region, Spain*. Valencia.
- Persson, P., Gallardo, I., Kallioniemi, K., Foltyn, A-M. (2009). *PlanPM Dagvatten*. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne län (Länsstyrelserapport 2008:4).
- Phyo, W. (2015). *How the Extraordinary Qunli Stormwater Park got Listed as a National Wetland Park · Landscape Architects Network*. Tillgänglig: <https://landarchs.com/how-the-extraordinary-qunli-stormwater-park-got-listed-as-a-national-wetland-park/> [2017-04-17].
- Rydsberg, T. (2012). *Erosionsproblematik vid dagvattenhantering*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet. Landskapsingenjörsprogrammet (kandidatuppsats EX0361).
- SCB. (2008). *Urbanisering – från land till stad*. Tillgänglig: http://www.scb.se/sv/_hitta-statistik/artiklar/urbanisering--fran-land-till-stad/ [2017-03-28].
- Shepard, W. (2016). *Can ‘sponge cities’ solve China’s urban flooding problem?* Tillgänglig: <http://citiscope.org/story/2016/can-sponge-cities-solve-chinas-urban-flooding-problem> [2017-04-21].
- Sjöbergh, O. (2015). *PM - Dagvattenutredning Göteborg*. Göteborg: Ramböll. Tillgänglig: [http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Centralenomr%C3%A5det%20-%20Verksamheter%2C%20handel%20och%20bost%C3%A4der%20norr%20om%20centrals tationen-Plan%20-%20samr%C3%A5d-Dagvattenutredning/\\$File/13_Dagvatten.pdf?OpenElement](http://www5.goteborg.se/prod/fastighetskontoret/etjanst/planbygg.nsf/vyFiler/Centralenomr%C3%A5det%20-%20Verksamheter%2C%20handel%20och%20bost%C3%A4der%20norr%20om%20centrals tationen-Plan%20-%20samr%C3%A5d-Dagvattenutredning/$File/13_Dagvatten.pdf?OpenElement) [2017-05-16].
- Sjöman, H. & Slagstedt, J. (2015). *Träd i urbana landskap*. Lund: Studentlitteratur AB.
- SMHI (2014). *Klimatförändring i Sverige och världen i ny svensk rapport | SMHI*. Tillgänglig: <http://www.smhi.se/forskning/forskningsnyheter/klimatforandring-i-sverige-och-varlden-i-ny-svensk-rapport-1.81497> [2017-03-28].





SMHI (2016). *Grundvatten* | SMHI. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/grundvatten-1.6857> [2017-05-17].

SMHI (2017a). *Markavvattning - Så leds vatten bort* | SMHI. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/markavvattning-sa-leds-vatten-bort-1.89795> [2017-03-28].

SMHI (2017b). *Återkomsttider för extremt väder* | SMHI. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/professionella-tjanster/statistik-och-data/aterkomsttider-for-extremt-vader-1.14134> [2017-03-28].

SMHI (2017c). *Öppen dagvattenhantering i Malmöstadsdelen Augustenborg, fördjupning* | SMHI. Tillgänglig: <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhället/exempel-pa-klimatanpassning/oppen-dagvattenhantering-i-malmostadsdelen-augustenborg-fordjupning-1.115721> [2017-05-22].

Stahre, P. (2006). *Sustainability in urban storm drainage: planning and examples*. Stockholm: Svenskt Vatten.

Svenskt vatten (2011). *Hållbar dag- och dränvattenhantering : råd vid planering och utformning*. Stockholm: Svenskt vatten.

Svenskt vatten (2016). *Avledning av dag-, drän- och spillvatten : funktionskrav, hydraulisk dimensionering och utformning av allmänna avloppssystem ; publikation P110*. Stockholm: Svenskt vatten.

Sweden Water Research (u.å). *Blå-gröna lösningars effektivitet i urban dagvattenhantering*. Tillgänglig: <http://www.swedenwaterresearch.se/projekt/bla-grona-losningars-effektivitet-urban-dagvattenhantering/> [2017-05-17].

Turenscape (2017). *Turenscape architects*. Tillgänglig: <https://turenscape.com/en/home/index.html> [2017-06-01].

Unhabitat (2015). *Climate change*. Tillgänglig: <https://unhabitat.org/urban-themes/climate-change/> [2017-03-28].

Vattenatlas (2017). Karta över Spanien [kartografiskt material]. Lund: VattenAtlas.se. Tillgänglig: <http://kartor.lund.se/vspu/> [2017-05-15].

Vattenatlas (2017). Karta över Lunds avrinningsområden [kartografiskt material]. Lund: VattenAtlas.se. Tillgänglig: <http://kartor.lund.se/vspu/> [2017-05-15].

Wahlström, S., Wedding, B., Krook, J. (2016). *Fördröjning av dagvatten inom befintlig bebyggelse i östra Lund*. Landskrona: Ekologgruppen.

Watson, D., Adams, M. 2011. *Design for flooding: architecture, landscape, and urban design for resilience to flooding and climate change*. Hoboken, N.J: John Wiley & Sons.

WWF. (2017). *Världsnaturfonden WWF - Så påverkas Sverige när temperaturen stiger*. Tillgänglig: <http://www.wwf.se/show.php?id=1624614> [2017-03-28].





Zevenbergen, C. (2016). *Chinese 'sponge cities' seek to turn water challenges into opportunities* | IHE Delft Institute for Water Education. Tillgänglig: <https://www.un-ihe.org/news/chinese-%e2%80%98sponge-cities%e2%80%99-seek-turn-water-challenges-opportunities> [2017-04-21].

Icke publicerat material

Fridell, K. (2017). *Biofiltersystem*. Föreläsning, Alnarp.

Kristoffersson, A. (2017). *Urban storm management*. Föreläsning, Alnarp.

Lerer, S. (2015). *LAR-potentiale: Brugervejledning*. Bruksanvisning till LAR-potential.

Ministerio de agricultura alimentación y medio ambiente (2017). Informationsskylt vid Embalse De Santomera. Murcia [2017-04-17].

VA SYD (2017). *Övergripande åtgärder*. Möte med Kristina Hall, utredningsingenjör på VA SYD 28/4, Malmö.

Xiujuan, X. (2016). *Sponge cities are developing in China*. Presentation, Alnarp.



	Bredgatan	Bytaregatan	Östra Mårtensgatan	Mårtenstorget (småskalig)	Mårtenstorget (storskalig)
Multifunktionalitet	Biofilter längs trottoarer agerar fartsänkning för biltrafik och bidrar med estetiska värden. Nedsänkta biofilter under övergångsställen tillåter gångtrafik att passera. Biofilter separerar körfält ifrån varandra. Avrinningsstråk byter ut trottoarkant.	Nedsänkta biofilter med galler tillåter gångtrafik att passera. Biofilter kombineras med bänkar och cykelparkering. Grönt tak förser platsen med skugga.	Nedstänkt avrinningsstråk separerar gångbana från bilväg. Upphöjd stälkant agerar skydd för att bilar inte ska åka ner i stråket. Nedsänkta biofilter med galler tillåter gångtrafik att passera.	Grönt tak förser cykelparkeringar med beskuggning. Biofilter kombineras med sittplatser. Nedsänkta biofilter med galler tillåter gång- och biltrafik att passera.	Grönområde kombineras med sittplats, cykelparkering, lekyla, beskuggning och dagvattenmetod. Biofilter kombineras med sittplats och cykelparkering.
Ekosystemtjänster	Den nya utformningen bidrar med många ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med många ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med en liten mängd ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med en liten mängd ekosystemtjänster.	Den nya utformningen bidrar med många ekosystemtjänster.
Estetik & välbefinnande	De många biofilter som placeras längs bredgatan har flera olika former och skapar ett kreativt och estetiskt uttryck. De träd som placeras i de biofilter som separerar biltrafikens riktningar bidrar med ett gröna uttryck.	Biofilter vid cykelparkering bidrar med mer grönska. Nedsänkta biofilter ger estetiska värden.	Avrinningsstråk med kanter av korten-stål tillför estetiska värden till platsen. De nedsänkta biofiltern med galler och regnbådden med trädet bidrar till en tiltalande miljö.	Sittplatser och grönska från biofilter bidrar med estetiska värden. Nedsänkta biofilter med galler adderar grönska och ett estetiskt tiltalande utseende till platsen.	Platsen erbjuder mycket grönska i form av gräsytor, träd och biofilter. Varierande former bidrar med kreativitet och estetik.
Ekonomi	200kr/m²	300kr/m²	200kr/m²	100kr/m²	300kr/m²
Hållbarhet	Flertalet dagvattenlösningar är placerade längs med gatan. Dagvattenlösningar upptar 14% av den totala ytan.	Dagvattenlösningar är placerade på en liten del av området. Dagvattenlösningar upptar 12% av den totala ytan.	Flertalet dagvattenlösningar är placerade längs med gatan. Dagvattenlösningar upptar 19% av den totala ytan.	Dagvattenlösningar är placerade på en liten del av området. Dagvattenlösningar upptar 9% av den totala ytan.	Flertalet dagvattenlösningar är placerade utspritt på området. Dagvattenlösningar upptar 25% av den totala ytan.